

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI RAWAPENING DENGAN SENTINEL- 1A TAHUN 2015-2016

RIZKY ANNISA PUTRI
NRP 3513 100 041

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI RAWAPENING DENGAN SENTINEL- 1A TAHUN 2015-2016

**RIZKY ANNISA PUTRI
NRP 3513 100 041**

**Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG141536

ANALYSIS OF LAND COVER CHANGES OF RAWAPENING WATERSHED USING SENTINEL-1A 2015-2016

**RIZKY ANNISA PUTRI
NRP 3513 100 041**

**Supervisor
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI RAWAPENING DENGAN SENTINEL- 1A TAHUN 2015-2016

Nama Mahasiswa : Rizky Annisa Putri
NRP : 3513 100 041
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Lalu Muhamad Jaelani, ST, MSc,
Ph.D

ABSTRAK

Sekitar 90% air tawar di permukaan bumi tersimpan di danau dan waduk yang memberi manfaat bagi kehidupan manusia untuk kebutuhan air sehari-hari; seperti untuk industri, pertanian, transportasi, pembangkit listrik tenaga air dan pariwisata. Sebagian besar daerah aliran sungai (DAS) dan danau di Indonesia telah mengalami degradasi kualitas dan kuantitas yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, konversi lahan dan erosi. Danau Rawapening di Jawa Tengah adalah satu dari lima belas Danau Prioritas Nasional Indonesia yang harus dipantau dan dikelola dengan baik. Untuk pemantauan rutin perubahan tutupan lahan danau dan daerah aliran sungainya, data penginderaan jauh optik yang umum digunakan memiliki masalah yang berkaitan dengan tutupan awan di atas wilayah danau tersebut.

Dalam penelitian ini, kami mengusulkan pemanfaatan Sentinel 1A, yang merupakan data penginderaan jauh aktif yang dapat menembus awan, sehingga lebih efektif untuk mengamati perubahan tutupan lahan tersebut.

Hasil klasifikasi data yang direkam pada Bulan Desember 2016 memiliki hubungan yang kuat dengan objek lapangan ($Kappa = 94,218\%$). Semua objek air berhasil dikenali sebagai air; 94,595% lahan basah dikenali sebagai lahan basah (sisanya sebagai air); 91,379% vegetasi dikenali sebagai vegetasi (sisanya sebagai pertanian); 95,238% pertanian dikenal sebagai pertanian

(sisanya sebagai perkotaan) dan 96,774% perkotaan dikenali sebagai perkotaan (sisanya sebagai lahan basah dan pertanian). Selama bulan Mei dan Desember 2016, perubahan tutupan lahan umumnya dipicu oleh curah hujan yang tinggi di bulan Desember dan pertumbuhan eceng gondok yang cepat serta tidak terkendali di bulan Mei.

Kata Kunci: Monitoring Ekosistem Danau, Data Satelit, Penginderaan Jauh Aktif

**ANALYSIS OF LAND COVER CHANGES OF
RAWAPENING WATERSHED USING SENTINEL-1A
2015-2016**

Name of Student : Rizky Annisa Putri
NRP : 3513 100 041
Departement : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Name of Supervisor : Lalu Muhamad Jaelani, ST, MSc,
Ph.D

ABSTRACT

Approximately 90% of freshwater on the earth surface is stored by lakes and reservoirs that provide benefits for human life such as for daily water needed, industry, agriculture, transportation, hydroelectric power and tourism. Most watersheds (DAS) and lakes in Indonesia have experienced the quality and quantity degradation caused by population growth, land conversion and erosion. Lake Rawapening in Central Java is one of fifteen Indonesian National Priority Lakes that should be seriously monitored and well managed. For routine monitoring of land cover change of the lake and its watershed, an optical remote sensing data that generally used was facing a problem related to cloud cover over the area of lake.

In this research, we propose the utilization of Sentinel 1A, an active RADAR remote sensing data which can penetrate the cloud, thus more effective for observing land cover changes.

The classification result of December 2016 data has strong relationship with field object ($Kappa = 94.218\%$). All water objects were recognized as water, 94.595% of wetland were recognized as wetland (others as water), 91.379% of vegetation were recognized as vegetation (others as agriculture), 95.238% of agriculture were recognized as agriculture (others as urban) and 96.774% of urban were recognized as urban (others as wetland and agriculture). During May and December 2016, the landcover change was

triggered by high precipitation in December and rapid-uncontrolled growth of water hyacinth in May. During May and December 2016, the landcover change was triggered by high precipitation in December and rapid-uncontrolled growth of water hyacinth in May.

Keywords—Lake Ecosystem Monitoring, Satellite Data, Active Remote Sensing

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAERAH
ALIRAN SUNGAI RAWAPENING DENGAN SENTINEL-
1A TAHUN 2015-2016**

TUGAS AKHIR

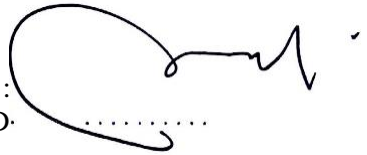
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

RIZKY ANNISA PUTRI

NRP. 3513 100 003

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 1980 1221 200301 1 001



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas Dengan menyebut nama Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Rawapening dengan Sentinel-1A Tahun 2015-2016”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat saran, dorongan, bimbingan serta keterangan-keterangan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan dukungan dan doa.
2. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Yanto Budisusanto S.T., M.,Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Geomatika
4. Mokhamad Nur Cahyadi S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
5. Segenap dosen dan karyawan Departemen Teknik Geomatika ITS yang turut membantu dalam melancarkan dan memudahkan dalam pengurusan Tugas Akhir.
6. Teman satu tim saya Dillah, Lia, Rosi, Jayed, dan Bob yang sudah berjuang bersama serta semua teman-teman Teknik Geomatika yang telah memberikan motivasi.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah membantu menyusun dalam terselesaikannya laporan ini.

Akhir kata semoga bermanfaat bagi penulis, institusi pendidikan dan masyarakat luas.

Surabaya, Juni 2017

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tutupan Lahan.....	7
2.2 Penginderaan Jauh	8
2.3 SAR(<i>Synthetic Aperture Radar</i>).....	10
2.4 Kalibrasi Radiometrik Data SAR	14
2.5 <i>Range Doppler Terrain Correction</i>	15
2.6 <i>Speckle Filter</i>	16
2.7 Misi Sentinel 1	16
2.8 Data SAR Sentinel 1A.....	18
2.9 Klasifikasi Penutupan Lahan	21
2.10 Klasifikasi <i>Maximum Likelihood</i>	22
2.11 Uji Statistik.....	23
2.12 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi	29
3.2 Data dan Peralatan	30
3.3 Metodologi Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	
4.1 Hasil Pengolahan Sentinel 1A	37

4.2 Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Sempadan Danau Rawapening	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sentinel 1	18
Gambar 2.2 Konstelasi Sentinel 1	18
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	32
Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data.....	34
Gambar 4.1 Proses <i>Speckle Filter</i>	37
Gambar 4.2 Citra sebelum dikoreksi geometrik.....	38
Gambar 4.3 Citra setelah dikoreksi geometrik	38
Gambar 4.4 Peta DAS Rawapening 14 Mei 2015	39
Gambar 4.5 Peta DAS Rawapening 16 Desember 2015	39
Gambar 4.6 Peta DAS Rawapening 8 Mei 2016.....	40
Gambar 4.7 Peta DAS Rawapening 10 Desember 2016	40
Gambar 4.8 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 14 Mei 2015	42
Gambar 4.9 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 16 Desember 2015.....	43
Gambar 4.10 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 8 Mei 2016.....	43
Gambar 4.11 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 10 Desember 2016.....	44

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kanal-kanal pada Satelit Radar	11
Tabel 2.2 Karakteristik Sentinel 1	20
Tabel 2.3 Matriks Konfusi.....	24
Tabel 3.1 Informasi Data Sentinel 1A.....	31
Tabel 4.2 Luas Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Sentinel 1A	44
Tabel 4.3 Matriks Konfusi Klasifikasi Tutupan Lahan Data Sentinel 1A.....	45

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Luas Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Sentinel-1A
- Lampiran 2 Tabel Matriks Konfusi Klasifikasi Tutupan Lahan Data Sentinel 1A dan Perhitungan *Kappa* serta *overall*
- Lampiran 3 Metadata
- Lampiran 4 Titik Referensi dengan acuan citra *Google Earth*
- Lampiran 5 Titik Referensi dengan acuan data klasifikasi
- Lampiran 6 Peta Tutupan Lahan Sentinel 1A Daerah Aliran Sungai Rawapening Tanggal 14 Mei 2015
- Lampiran 7 Peta Tutupan Lahan Sentinel 1A Daerah Aliran Sungai Rawapening Tanggal 16 Desember 2015
- Lampiran 8 Peta Tutupan Lahan Sentinel 1A Daerah Aliran Sungai Rawapening Tanggal 8 Mei 2016
- Lampiran 9 Peta Tutupan Lahan Sentinel 1A Daerah Aliran Sungai Rawapening Tanggal 10 Desember 2016

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Danau merupakan badan air yang berbentuk cekungan berisi air yang dikelilingi oleh daratan baik terbentuk secara alami maupun buatan (Rizki, Yunasfi, & Muhtadi, 2015). Sebagian besar air tawar di permukaan bumi disimpan oleh danau dan waduk yang memberikan keuntungan bagi kehidupan manusia seperti rumah tangga, industri dan pertanian. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), ekosistem DAS dan danau di wilayah Indonesia menyimpan kekayaan 25% plasma nutfah dunia, mensuplai 72% air permukaan dan penyedia air untuk pertanian, sumber air baku masyarakat, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, pariwisata dan lain-lain (Tjahjaningsih et al., n.d.).

Meningkatnya pertumbuhan penduduk, perubahan lahan hutan, polusi dan erosi, menyebabkan penurunan kualitas daerah aliran sungai (DAS) dan danau di Indonesia. Pembukaan lahan hutan di daerah sekitar danau seperti permukiman, perkebunan, pertanian, rekreasi, prasarana jalan dan sebagainya, akan menimbulkan erosi tanah pada musim hujan. Mengakibatkan danau berada pada kondisi suksesi, yaitu berubah dari ekosistem perairan ke bentuk ekosistem daratan (Kumurur, 2002).

Kondisi DTA (Daerah Tangkapan Air) danau yang baik adalah memiliki penutup lahan hutan minimal 30%, memiliki laju erosi dan sedimentasi yang terkendali sehingga fungsi danau (sebagai: pengendali banjir, sumber irigasi, pembangkit tenaga listrik, usaha perikanan darat, sumber air baku, dan tempat rekreasi/pariwisata) dapat berjalan dengan baik. Tetapi saat ini sebagian besar danau di Indonesia mengalami kerusakan yang cukup parah sehingga perlu diselamatkan (KLH, 2011).

Berdasarkan Konferensi Nasional Danau Indonesia I (KNDI I) tahun 2009 yang membahas kondisi ekosistem danau di

Indonesia yang semakin terancam akibat kerusakan dan pencemaran lingkungan pada daerah tangkapan air (DTA) hingga perairan danau pada periode 2010 hingga 2014 yaitu Danau Toba, Danau Maninjau, Danau Singkarak, Danau Kerinci, Danau Tondano, Danau Limboto, Danau Poso, Danau Tempe, Danau Matano, Danau Mahakam (Semayang, Jempang, Melintang), Danau Sentarum, Danau Sentani, Rawa Danau, Danau Batur, dan Danau Rawapening (KLH, 2011).

Danau Rawapening terletak di provinsi Jawa Tengah satu dari 15 danau yang diprioritaskan untuk mendapat penanganan dan pemulihan kerusakan lingkungan danau akibat eutrofikasi dari Daerah Tangkapan Air (DTA) yaitu dari pertanian, peternakan, limbah domestik dan industri di sekitar rawapening. Danau Rawapening berperan sebagai sumber kehidupan bagi masyarakat karena tidak terlepas dari beragam aktivitas masyarakat yang dilakukan di Sub DAS Rawapening. Aktivitas masyarakat meningkat seiring dengan jalannya pembangunan di kawasan Sub DAS Rawapening (Dwisapta & Sri, 2013). Alih fungsi tanah untuk pemukiman dan pertanian yang tidak ramah lingkungan banyak terjadi di daerah lereng tangkapan air Rawapening seperti Kebumen, Tegarong dan Sepakung bagian atas, mengakibatkan peningkatan lahan kritis.

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2010, secara ekologis, Danau Rawapening telah banyak mengalami perubahan yang dapat dilihat dari tidak terkontrolnya gulma air, bahkan pada musim kemarau dapat menutupi permukaan danau hingga 70% dan penurunan volume air danau sebesar 29,34% selama kurun waktu 22 tahun (tahun 1976 – 1998). Keberadaan eceng gondok atau gulma air dalam jumlah yang banyak hingga menutupi permukaan perairan akan menyebabkan jumlah cahaya yang masuk ke dalam air berkurang tingkat kelarutan oksigen dalam air juga berkurang, sehingga jenis binatang air seperti ikan akan berkurang. Hal ini juga berdampak pada pendapatan nelayan yang akan menurun. Satu batang eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu menghasilkan tanaman baru seluas 1 m² (Gutierrez, Ruiz, Uribe, &

Martinez, 2001).

Meningkatnya eceng gondok menjadi penyebab pendangkalan suatu perairan. Jika permasalahan tersebut dibiarkan, maka diprediksi pada tahun 2021 Danau Rawapening akan menjadi daratan (Tri Retnaningsih, Shalihuddin Djalal, Sutikno, Hadisusanto, & Gell, 2012).

Untuk mengetahui perubahan tutupan lahan di daerah aliran sungai, memerlukan suatu teknologi yaitu dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, berbagai data satelit penginderaan jauh dengan berbagai tingkat kedetilan dapat digunakan untuk memetakan berbagai objek di permukaan bumi. (Mukhoriyah dan Trisakti, 2014).

Dalam pengolahan data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel 1 mempunyai manfaat khusus ketika kondisi cuaca tidak baik dalam perolehan data optis, data SAR dapat memberikan citra yang bebas awan, sehinggalah efektif untuk mengamati perubahan tutupan lahan.

Dalam penelitian tugas akhir ini, pengolahan perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening menggunakan data radar Sentinel 1A yang memancarkan gelombang mikro. Kelebihan dari gelombang mikro yaitu tidak terpengaruh oleh kandungan uap air di atmosfer, sehingga dapat menembus awan, dan tidak terpengaruh oleh sinar matahari sehingga dapat digunakan pada saat siang dan malam hari.

Data radar tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *SNAP (Sentinel Application Platform)*, untuk mengetahui perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening pada tahun 2015 dan 2016.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana proses pengolahan data *Synthetic Aperture Radar* Sentinel 1A untuk tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening pada tahun 2015 dan 2016?
- b. Bagaimana perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening pada tahun 2015 dan 2016 menggunakan data *Synthetic Aperture Radar* Sentinel 1A?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Penelitian ini menjelaskan perubahan tutupan lahan pada daerah aliran sungai Rawapening pada tahun 2015 dan 2016 dalam mempengaruhi perubahan luas badan air danau.
- b. Daerah penelitian merupakan Danau Rawapening, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah.
- c. Data radar yang digunakan adalah Sentinel 1A
- d. Validasi objek menggunakan citra *Google earth* dengan tanggal pencitraan pada tanggal 13 September 2016.
- e. Batas citra berdasarkan pada Daerah Aliran Sungai Rawapening
- f. Klasifikasi untuk mengamati perubahan tutupan lahan menggunakan klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*)
- g. Analisa perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening dilakukan dengan membandingkan data *Synthetic Aperture Radar* Sentinel 1A pada tahun 2015 dan 2016.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Adapun Tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Melaksanakan pengolahan data *Synthetic Aperture Radar* Sentinel 1A untuk tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening pada tahun 2015 dan 2016

- b. Menganalisis perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening pada tahun 2015 dan 2016 menggunakan data *Synthetic Aperture Radar* Sentinel 1A

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang ingin diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah memberikan informasi sebagai bahan masukan kepada pemerintah dalam perencanaan dan pengelolaan daerah aliran sungai Rawapening serta memberi masukan pada masyarakat sekitar danau Rawapening untuk lebih menjaga dan melestarikan danau Rawapening.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tutupan Lahan

Lahan dapat diartikan sebagai lingkungan fisik yang terdiri atas iklim, relief, tanah, air dan vegetasi serta benda yang ada di atasnya sepanjang ada pengaruhnya terhadap penggunaan lahan (Sitorus, 2004).

Tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati merupakan suatu hasil pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan, ataupun perawatan pada penutup lahan tersebut (Badan Standarisasi Nasional, 2010).

Kelas penutup lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah vegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutup lahan dalam kategori diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan. Sedangkan dalam kategori tak bervegetasi, pendetailan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman obyek (Badan Standarisasi Nasional, 2010).

Deteksi perubahan adalah sebuah proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu obyek atau fenomena yang diamati pada rentang waktu yang berbeda (Sitorus, 2004).

Perubahan penggunaan lahan secara langsung menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan. Pengertian tentang penggunaan lahan dan penutupan lahan penting untuk berbagai kegiatan perencanaan dan pengelolaan yang berhubungan dengan permukaan bumi. Penutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada dipermukaan bumi, sedangkan penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu (Lillesand dan Kiefer, 1993 dalam Nilda, Adnyana, & Merit, 2010). Penggunaan lahan (land use) juga diartikan sebagai setiap bentuk *intervensi* (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup baik materiil maupun

spiritual, sedangkan perubahan tutupan lahan lebih kepada adanya perubahan vegetasi (Arsyad, 2006 dalam Nilda et al., 2010). Selanjutnya Arsyad (2006) menyatakan bahwa, perubahan penggunaan lahan memiliki dampak potensial besar terhadap lingkungan bio-fisik dan sosial ekonomi. Secara umum penggunaan lahan digolongkan ke dalam dua golongan, yaitu:

- a. Penggunaan lahan pedesaan, secara umum dititikberatkan pada produksi Pertanian, termasuk pengelolaan sumberdaya alam dan kehutanan.
- b. Penggunaan lahan perkotaan, secara umum dititikberatkan untuk tempat tinggal, pemusatan ekonomi, layanan jasa, dan pemerintahan.

Perubahan penggunaan lahan umumnya dapat diamati dengan menggunakan data-data spasial dari peta penggunaan lahan dari titik tahun yang berbeda. Data-data penginderaan jauh (remote sensing data) seperti citra satelit, radar, dan foto udara sangat berguna dalam pengamatan perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan (landuse change) meliputi pergeseran penggunaan lahan menuju penggunaan lahan yang berbeda (conversion) atau diversifikasi pada penggunaan lahan yang sudah ada. Secara umum perubahan penggunaan lahan akan mengubah: (a) karakteristik aliran sungai, (b) jumlah aliran permukaan, (c) sifat hidrologis daerah yang bersangkutan (Mayer dan Turner, 1994 dalam Feri, 2007 dalam Nilda et al., 2010). Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu. Informasi penggunaan lahan dapat dikenali secara langsung dengan menggunakan penginderaan jauh yang tepat. Informasi tentang kegiatan manusia pada lahan tidak selalu dapat ditafsir secara langsung dari penutupan lahannya (Lillesand dan Kiefer, 1993 dalam Nilda et al., 2010).

2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh adalah ilmu, teknik, dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena

melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kieffer 1994 dalam Profilyanti, 2015). Sedangkan menurut beberapa ahli seperti Rees, 2001, penginderaan jauh didefinisikan juga disefinisikan sebagai proses perolehan informasi tentang suatu objek tanpa adanya kontak fisik secara langsung dengan objek tersebut. Menurut Lindgren (1985 dalam Sutanto, 1987) mengungkapkan bahwa penginderaan jauh adalah berbagai teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi, informasi ini khusus berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi.

Alat penginderaan jauh berupa sensor. Pada umumnya sensor dibawa oleh wahana baik berupa pesawat, balon udara, satelit maupun jenis wahana yang lainnya (Sutanto, 1987). Sensor penginderaan jauh dibedakan menjadi 2 sistem, yaitu sensor aktif dan pasif. Penginderaan jauh dengan sistem aktif diperoleh dari satelit yang membawa sensor aktif. Sensor tersebut memancarkan gelombang mikro, dimana gelombang mikro akan diterima sekaligus dipantulkan kembali oleh objek di permukaan bumi. Gelombang pantul inilah yang kemudian diterima oleh sensor satelit yang disebut dengan *backscatter*. SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan sistem aktif yang menggunakan gelombang radio dan memiliki kemampuan menembus awan sehingga data yang didapat lebih maksimal. Radar memiliki kemampuan untuk melakukan perekaman pada segala cuaca, baik siang, maupun malam hari.

Sedangkan, penginderaan jauh sistem pasif diperoleh dari satelit yang membawa sensor pasif. Satelit ini menggunakan energi cahaya matahari sebagai salah satu sumber dalam penyediaan (proses pengambilan gambar). Sistem ini memiliki kekurangan yaitu adanya “blank area”, yang ditimbulkan apabila permukaan bumi tertutup awan.

Radar dapat diproduksi melalui dua mekanisme yang berbeda. Yaitu *real aperture Radar* dan *synthetic aperture Radar*. Citra

Radar secara umum diakuisisi dalam potongan-potongan bersamaan dengan satelit atau wahana udara yang membawa sistem Radar sepanjang lintasan terbang (Van Zyl & Kim, 2010).

2.3 SAR (*Synthetic Aperture Radar*)

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan salah satu sistem penginderaan jauh aktif yang menggunakan sensor gelombang mikro aktif dengan teknik perekaman menyamping dimana sistem ini memiliki antenna *synthetic* atau buatan agar mendapatkan resolusi spasial yang baik, dengan antena yang tidak terlalu panjang.

Radar (*Radio Detection and Ranging*) menurut Lillesand dan Kiefer (1990) merupakan suatu cara yang menggunakan gelombang radio untuk mendeteksi adanya objek dan menentukan letak posisinya, prosesnya meliputi transmisi ledakan pendek atau pulsa tenaga gelombang mikro ke arah yang dikehendaki dan merekam kekuatannya dari asal gema "*echo*", atau pantulan yang diterima dari objek dalam sistem medan pandang (Setiawan & Zaitunah, 2015).

Radar merupakan sistem penginderaan jauh aktif karena memiliki sumber energi sendiri yang dibangkitkan dari sensor yang "menyinari" permukaan bumi dengan energi elektromagnetik, mendeteksi besarnya energi yang dipantulkan kembali oleh objek, dan direkam sebagai sebuah citra (Sabins Jr., 1978).

Gelombang mikro yang digunakan dalam sistem penginderaan jauh radar juga merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik. Sama halnya dengan yang digunakan pada sistem penginderaan jauh optis merekam dengan saluran tampak, sistem termal dengan saluran infra merah.

Radar adalah salah satu sistem penginderaan jauh (inderaja) yang tidak dipengaruhi oleh cuaca dan waktu dalam proses pengerjaannya karena merupakan metode perekaman aktif, dimana sensor pada radar ini merekam energinya sendiri yang dipantulkan oleh objek di permukaan bumi, tidak tergantung ada radiasi matahari (Sari, 2014). Berikut adalah kanal-kanal pada satelit Radar:

Tabel 2.1 Kanal-kanal pada Satelit Radar
Sumber : Hamzah, 2004

Kanal	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi	Contoh Satelit dan Aplikasinya
X	2,4 – 3,8	12,5 – 8 GHz	Satelit CCRS CV-580 SAR, untuk pertanian, kehutanan, geologi, mendeteksi gunung es, gelombang dan arus laut, mendeteksi lapisan minyak, banjir, dan kebakaran
Kanal	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi	Contoh Satelit dan Aplikasinya
C	3,8 – 7,5	8 – 4 GHz	ERS untuk angin permukaan laut, suhu permukaan laut, tinggi gelombang, arus internal, topografi laut, RADARSAT untuk oseanografi, kandungan kelembaban vegetasi, bencana alam, tata guna lahan
S	7,5 – 15	4 – 2 GHz	Survei lapangan komersial dan pemetaan
L	15 – 30	2 – 1 GHz	Satelit SEASAT, untuk angin permukaan laut, suhu permukaan laut, arus internal dan topografi laut, JERS-1, dan ALOS PALSAR untuk sumber daya alam, geologi, pertanian, kehutanan, tata guna lahan, deteksi es di laut, pemantauan fenomena laut
P	75 - 133	225 – 400 MHz	Satelit NASA JPL AirSAR, untuk fenomena oseanografi, geologi, kehutanan, hidrologi, dan arkeologi

Tidak seperti kebanyakan sistem penginderaan jauh lainnya, sistem penginderaan jauh radar mengindera ke arah samping (*side looking*) tegak lurus terhadap arah terbangnya wahana sambil memancarkan pulsa untuk merekam objek dan diterima kembali sebagai hamburan balik (*backscatter*). Berdasarkan waktu perjalanan pulsa radar tersebut dapat diperhitungkan jarak objek terhadap sensor sedangkan intensitas tenaga baliknya memberikan

karakteristik spektral objek yang bisa disebut nilai *backscatter* (CCRS, 2014; Sutanto, 1987). Teknik perekaman menyamping ini menyebabkan geometri pencitraan penginderaan jauh sistem radar berbeda dari sistem optis.

Ketika wahana memancarkan radar, memiliki bentuk geometri tersendiri. Berikut ini adalah faktor-faktor geometri pada pencitraan radar (Yudo Prasetyo, 2011) :

a. *Incidence Angle*

Incidence angle merupakan sudut yang dibentuk antara pancaran gelombang radar dengan garis yang tegak lurus terhadap permukaan objek.

b. *Depression Angle*

Depression angle adalah sudut yang dibentuk dari arah horizontal ke arah garis pancaran gelombang radar.

c. *Look Angle*

Look Angle merupakan sudut antara utara geografis dan arah pancaran gelombang radar atau dengan garis yang tegak lurus arah terbang wahana.

d. *Look Direction*

Look direction merupakan arah antenna saat melakukan pencitraan

Ketika gelombang radar berinteraksi dengan permukaan bumi atau target. Bentuk polarisasi sinyal mempengaruhi penampakan objek pada citra yang dihasilkan, karena berbagai objek diubah polarisasi tenaga yang dipantulkannya dalam berbagai tingkatan (Salman, 2011). Hal ini selanjutnya akan berpengaruh pada kenampakan citra SAR yang didapatkan. Berdasarkan polarisasinya, terdapat beberapa tipe :

a. *Single Polarization* : HH atau VV (atau kemungkinan HV atau VH)

b. *Dual Polarization* : HH dan HV, VV and HV, atau HH dan VV

c. *Alternating Polarization*: HH dan HV, alternatif dengan VV dan VH

d. *Polarimetric* : HH, VV, HV, dan HV

Kemampuan gelombang multi-polarisasi pada sistem polarisasi data SAR memberikan informasi tambahan dimana dapat digunakan untuk melakukan usaha klasifikasi sehingga menghasilkan hasil klasifikasi yang lebih baik dibandingkan *single*-polarisasi data SAR (Karathanassi dan Dabbor, 2008 dalam Ardiansyah, 2011)

Sinyal SAR dapat disaring sedemikian rupa sehingga getaran gelombang elektrik dibatasi hanya pada satu bidang datar yang tegak lurus arah perjalanan gelombang. Satu sinyal SAR dapat ditransmisikan pada bidang mendatar (H) ataupun tegak (V). Sinyal tersebut dapat pula diterima pada bidang mendatar atau tegak. Jadi, terdapat empat kemungkinan kombinasi sinyal transmisi dan penerimaan yang berbeda seperti pada Gambar 2.1 yaitu dikirim H, diterima H, dikirim H, diterima V, dikirim V, diterima H, dikirim V, dan diterima V.

Citra dengan polarisasi searah dihasilkan dari paduan HH dan VV. Citra dengan polarisasi silang dihasilkan dari paduan HV dan VH. Karena berbagai objek mengubah polarisasi tenaga yang mereka pantulkan dalam berbagai tingkatan maka bentuk polarisasi sinyal mempengaruhi kenampakan objek pada citra yang dihasilkan (Lillesand dan Kiefer, 1990).

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, banyak sifat khas medan yang bekerja bersama dengan panjang gelombang dan polarisasi sinyal radar untuk menentukan intensitas hasil balik radar dari objek. Akan tetapi faktor utama yang mempengaruhi intensitas hasil balik radar dari objek adalah ukuran (geometris) dan sifat dielektrik objek. Efek geometri sensor/objek dari intensitas *backscatter* radar terpadu dengan efek kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan objek merupakan fungsi variasi relief sehubungan dengan panjang gelombang pantulan tenaga. Permukaan dengan kekasaran yang pada dasarnya sama atau lebih besar dari panjang gelombang yang ditransmisikan,

tampak kasar. Sifat dielektrik kenampakan medan bekerja sangat erat dengan sifat khas geometri untuk menentukan intensitas hasil balik radar. Satu ukuran bagi sifat khas elektrik objek adalah tetapan dielektrik kompleks. Parameter ini merupakan suatu indikasi bagi daya pantul dan konduktivitas atau daya hantar berbagai material (Lillesand dan Kiefer, 1990).

2.4 Kalibrasi Radiometrik Data SAR

Kalibrasi radiometrik diperlukan atas dasar dua alasan, yaitu memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran objek yang sebenarnya (Danoedoro, 2012). Kalibrasi radiometri citra yang ditujukan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena *drop out* baris maupun kesalahan awal pemindaian (*scanning start*). Baris atau bagian yang bernilai tidak sesuai dengan yang seharusnya dikoreksi dengan mengambil nilai satu baris di atas dan di bawahnya kemudian dirata-ratakan (Guindon, 1984, dalam S. H. Murti, Dinta, Syam, & Widyatmanti, 2012).

Proses Kalibrasi SAR dilakukan ketika diperlukan akurasi radiometrik. Mengkalibrasi citra SAR adalah proses mengkonversi citra amplitudo linear menjadi citra dengan energi terkalibrasi radiometrik. *Input* citra dalam satuan angka digital (DNs), sedangkan *output* citra merupakan rasio energi yang datang kembali dari setiap area di permukaan bumi dengan energi yang dikirim ke area di atas permukaan bumi berupa nilai *backscatter* dalam satuan dB. Nilai *backscatter* dihitung dengan normalisasi *backscatter* pada area standar yaitu sebagai berikut:

a. Beta-nought (β_0)

Merupakan *radar brightness value* yang banyak digunakan oleh beberapa *engineer* desain sistem, karena memiliki nilai-nilai independen yang diekspresikan per satuan luas dalam kisaran miring (*Slant range plane*), tetapi nilai piksel ini bukanlah koefisien hamburan balik obyek yang diharapkan sebagai pengisi nilai piksel, melainkan *brightness value* atau

nilai kecerahan obyek sehingga hanya dapat menilai obyek dari tingkat kecerahannya saja, bukan mengidentifikasi objek. (Sumber : *ASF Mapready User Manual version 3.1* dalam (Murti et al., 2012)).

b. *Sigma-nought* (σ_0)

Sigma-nought adalah *radar backscatter coefficient* yang sering diaplikasikan untuk pemrosesan data DEM yang membutuhkan dimensi spasial yang sama serta ukuran piksel sama dengan input data radar. Citra DEM digunakan untuk menghitung secara akurat *incident angle* pada citra (Sumber: *ENVI Help*). Nilai *sigma-nought* merepresentasikan ukuran kuantitatif yang mengacu ke permukaan tanah atau *Ground Range*, sehingga nilai piksel kalibrasi ini kemungkinan akan banyak terpengaruh oleh topografi permukaan bumi (Sumber : *ASF Mapready User Manual version 3.1* dalam (Murti et al., 2012))

c. *Gamma-naught* (γ_0)

Merupakan kalibrasi yang digunakan pada penelitian ini. Tujuan kalibrasi γ_0 digunakan karena nilai memiliki ukuran spasial yang sama. Nilai *Gamma-nought* merepresentasikan ukuran kuantitatif yang mengacu pada bidang tegak lurus terhadap *slant range direction*. *Gamma-naught* merepresentasikan nilai piksel dengan skala logaritmik, dimana nilai logaritmik yang memiliki satuan desibel inilah yang paling mendekati nilai hamburanbalik obyek di lapangan sehingga akan paling mudah dideteksi secara digital dibandingkan dengan menggunakan kalibrasi lain yang telah disebutkan. (Murti et al., 2012).

2.5 Range Doppler Terrain Correction

Variasi topografi disebabkan oleh kemiringan sensor citra, akibatnya jarak dapat terdistorsi. Terrain Correction dimaksudkan mereduksi kesalahan-kesalahan tersebut sehingga representasi geometrik pada citra sesuai dengan koordinat lapangan (Septiana dkk., 2017).

Range Doppler Terrain Correction menggunakan metode orthorektifikasi *Range Doppler* untuk *geocoding* citra SAR dari *single* 2D raster. Metode *Range Doppler Terrain Correction* menggunakan ketersediaan data orbit, waktu perekaman radar, jarak miring ke permukaan dan DEM referensi untuk mendapatkan lokasi yang presisi (Septiana dkk., 2017).

2.6 Speckle Filter

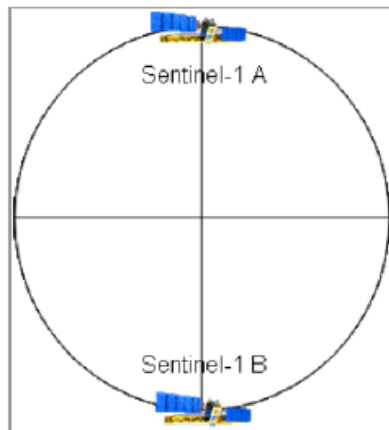
Interferensi acak yang ditimbulkan oleh penyinaran RADAR koheren dan hamburan balik mengakibatkan fluktuasi rata-rata sel resolusi meningkatkan intensitas acak yang tajam dari area yang gelap dan terang pada citra SAR. Intensitas acak yang tajam tersebut dinamakan *speckle*. *Speckle* merupakan bentuk esensial dari *noise* yang dapat mendegradasi kualitas citra dan menyulitkan interpretasi visual dan digital suatu citra (Setyawan, 2012). Oleh karenanya sebelum dilakukan interpretasi dan analisis, *speckle* perlu direduksi. Reduksi *speckle* dapat dilakukan melalui 2 cara yaitu pengolahan *multi-look* dan pemfilteran spasial (Raimadoya 2007). Piksel yang telah difilter akan menempati piksel asli dengan nilai baru hasil perhitungan yang berdasarkan jarak dari pusat filter, faktor kabut, dan variasi lokal (Murti et al., 2012).

2.7 Misi Sentinel 1

Misi Sentinel-1 terdiri dari konstelasi dua satelit yang mengorbit, beroperasi pada siang dan malam dengan menggunakan citra SAR kanal C, yang memungkinkan diperoleh citra tanpa pengaruh cuaca. Sentinel-1 akan bekerja dalam mode operasi yang telah diprogram untuk menghindari konflik dan menghasilkan arsip data jangka panjang yang konsisten yang dibuat untuk aplikasi berdasarkan deret lama. Sentinel-1 adalah yang pertama dari lima misi yang dikembangkan ESA untuk inisiatif Copernicus. Satelit Sentinel-1 pertama (Sentinel-1A) direncanakan diluncurkan di roket SOYUZ dari Spaceport Eropa di Guyana Prancis pada awal tahun 2014 diikuti oleh yang kedua (Sentinel-1B) pada tahun



Gambar 2.1 Sentinel 1
Sumber : Esa, 2013



Gambar 2.2 Konstelasi Sentinel 1
Sumber : Esa, 2013

2016. Panduan Misi Sentinel-1 menyediakan solusi high-Deskripsi tingkat tujuan misi, deskripsi satelit dan Segmen Tanah. Ini juga mengenalkan misi warisan terkait, area tematik, karakteristik orbit dan cakupan, muatan instrumen dan produk data (Esa, 2013).

Sentinel-1 akan berada di orbit polar dekat matahari, dengan siklus pengulangan 12 hari dan 175 orbit per siklus untuk satu satelit. Kedua Sentinel-1A dan Sentinel-1B berbagi bidang orbit yang sama dengan perbedaan pentanahan orbital 180° . Dengan kedua satelit yang beroperasi, siklus berulang adalah 6 hari.

2.8 Data SAR Sentinel-1A

Data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel-1 merupakan data SAR yang dihasilkan oleh perekaman satelit Sentinel-1A milik eropa yang diluncurkan pada 3 April 2014. Satelit ini membawa sensor SAR untuk merekam permukaan bumi dengan menggunakan *C-band* beroperasi pada frekuensi 5,405 Hz yang dapat menembus awan dan hujan sehingga hasil perekamannya bebas dari gangguan cuaca dan dapat beroperasi siang dan malam sehingga baik digunakan untuk berbagai aplikasi di Indonesia yang mana data citra optik sering tertutupi oleh awan (Bayanuiddin, 2016).

Beroperasi dengan dual polarisasi (HH+HV, VV+VH) sehingga baik digunakan untuk mengidentifikasikan dan membedakan klasifikasi penutup lahan dan pengenalan karakteristik objek termasuk penutup lahan hutan rakyat. Dual polarisasi tersebut diperoleh melalui salah satu mode perekaman *Interferometric Wide (IW)*, dan dengan ketersediaan data level-1 GRDH (*Ground Range Detected High*) yang mampu mengkombinasikan lebar perekaman yang luas (250 km) dengan resolusi spasial menengah (resolusi *Azimuth x Range*: 22 x 20 m) tetapi dapat diolah hingga menghasilkan piksel dengan ukuran 10 x 10 m, kemampuan ini menjadi kelebihan untuk menurunkan informasi terkait cadangan karbon hutan pada wilayah yang luas tetapi dengan informasi yang cukup detail. Kemampuan penetrasi *band-C* pada kanopi pohon merupakan keunggulan dari data SAR Sentinel-1 dibanding data optis sehingga parameter fisik biomassa (*dbh/diameter at breast height* dan tinggi pohon) untuk menurunkan informasi cadangan karbon dapat terdeteksi lebih baik (Bayanuiddin, 2016). Berikut adalah karakteristik Sentinel 1:

Tabel 2.2 Karakteristik Sentinel 1
Sumber : esa, 2015

Sensor	C-band Synthetic Aperture Radar (SAR) continuity of ERS-1, -2, Envisat and Radarsat
Products	
L0	Compressed unfocused SAR raw data
L1 SLC (<i>Single Look Complex</i>)	Focused SAR complex data, geo-referenced, provided in slant-range geometry
L1 GRD (<i>Ground Range Detected</i>)	Focused SAR complex data detected, geo-referenced, multi-looked and projected to ground range geometry
L2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocean Wind Field ▪ Ocean Wave Spectra ▪ Surface Radial Velocity
Spatial and temporal sampling	
Interferometric-Wide Swath (IWS)	250km swath –5 x 20 m (HH+HV, VV+VH)
Wave-mode (WV)	20x20km –5 x 5 m (HH, VV)
Extra-Wide Swath (EWS)	500km swath –20 x 40 m ((HH+HV, VV+VH)
Strip-Map mode (SM)	80km swath –5 x 5 m (HH+HV, VV+VH)

Repeat cycle	12 days repeat cycle (at equator) with S-1A (launched on 3 Apr 2014)	
System Parameter		
Radar Carrier Frequency		5.405 GHz
RF Peak Power		4.141 kW
Incidence Angle Range		20°-46°
Look direction		Right
Antenna Length		12.3 m
Azimuth Beam Width		0.23°
Azimuth Beam Steering Range		-0.9° to +0.9°
Antenna width		0.82 m
Elevation Beam Width		3.43°
Elevation Beam Steering Range		-13.0° to +12.3°
Maximum Range Bandwidth		100 MHz
System Parameter		
Pulse Repetition Frequency (PRF) Range		1000 Hz - 3000 Hz
Polarisation Options		Single (HH, VV)

	Dual (HH+HV, VV+VH)
Attitude Steering	Zero-Doppler Steering and Roll Steering
Application areas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Land monitoring of forests, water, soil and agriculture ▪ Climate change detection ▪ Sea-ice observations and iceberg monitoring ▪ High resolution ice charts ▪ Mapping oil spills ▪ Sea vessel detection 	
Target potential ECVs	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sea ice ▪ Glaciers ▪ Ice Sheets ▪ Land cover ▪ Soil moisture 	

2.9 Klasifikasi penutupan Lahan

Menurut Barus, 1997, Klasifikasi merupakan upaya ekstraksi informasi dari data penginderaan jauh. Klasifikasi dilakukan untuk mengelompokkan atau mengelaskan data ke dalam kelompok yang memiliki karakteristik yang homogeni. Klasifikasi tutupan lahan terdapat dua metode yaitu :

2.9.1 Klasifikasi Tutupan Lahan Metode Visual

Klasifikasi penutupan lahan secara visual dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu ragam jenis tutupan lahan, keberadaan alat bantu, dan penafsir (Setyawan, 2012).

Ragam jenis tutupan lahan dapat dikategorikan tetap dikarenakan pada suatu wilayah ragam jenis tutupan lahan cenderung tetap, sementara penafsir pada umumnya memiliki kemampuan yang berbeda pada setiap individu.

Keberadaan manual sebagai alat bantu penafsiran visual menjadi penting karena penafsir yang berbeda dapat menghasilkan hasil yang berbeda. Kualitas hasil penafsiran tutupan lahan kemudian ditentukan oleh kualitas alat bantu penafsiran, dalam hal ini manual penafsiran tutupan lahan (Salman 2011).

2.9.2 Klasifikasi Tutupan Lahan Metode Digital

Klasifikasi penutupan lahan secara digital menggunakan elemen piksel sebagai interpretasi yang dilakukan oleh computer (Setyawan, 2012). Klasifikasi penutupan lahan terdiri dari dua cara yaitu :

a. Klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) meliputi sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan objek contoh objek (berupa nilai *spectral*) oleh operator. Contoh ini disebut sampel, dan lokasi geografis kelompok piksel sampel ini disebut sebagai daerah contoh (*training area*) (Danoesoebroto 2010).

b. Klasifikasi tak terbimbing (*Unsupervised Classification*)

Klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*) dilakukan sesuai dengan default yang ada pada program atau *software* yang digunakan. Proses ini merupakan proses literasi yang menghasilkan pengelompokan akhir gugus – gugus spektral. Hasil klasifikasi tak terbimbing biasanya merupakan panduan dasar dalam pelaksanaan kegiatan lapangan berikutnya. Setelah dilakukan kegiatan pengecekan lapangan biasanya pada metoda *hybrid*, klasifikasi dilanjutkan dengan klasifikasi terbimbing (Lillesand – Kiefer, 1990).

2.10 Klasifikasi Maximum Likelihood

Pada algoritma ini, piksel dikelaskan sebagai objek tertentu didasarkan pada bentuk, ukuran, dan orientasi sampel. Asumsi dari

algoritma ini ialah bahwa objek homogen selalu menampilkan histogram yang terdistribusi normal / Bayesian (Danoedoro 1996).

Metode klasifikasi ini menggunakan data “daerah pelatihan/ROI” sebagai upaya untuk mengestimasi rata-ratanya dan variasi kelas yang kemudian digunakan untuk mengestimasi probabilitas. Tidak hanya mempertimbangkan nilai rata-rata dalam menentukan klasifikasi, tetapi juga variabilitas dari nilai-nilai kecerahan (*brightness values*) dari masing-masing kelas.

Metode klasifikasi ini merupakan klasifikasi yang paling akurat dari semua metode klasifikasi terbimbing selama data “daerah pelatihan/ROI” juga akurat. Keuntungan dari klasifikasi ini yaitu memberikan estimasi dari daerah yang *overlap* berdasarkan statistik. Untuk memutuskan klasifikasi, dibutuhkan informasi statistik tersebut berupa rerata dan simpangan baku tiap sampel serta varian dan kovarian.

Prosedur yang perlu dilakukan pada metode klasifikasi terselia secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan Training Area.
- b. Memulai proses klasifikasi terselia.
- c. Memberi nama dan warna region. (Tahapan ini sama halnya dengan metode *Unsupervised Classification*)
- d. Menampilkan warna pada citra terklasifikasi di *Image Window*. (Tahapan ini sama dengan metode *Unsupervised Classification*).

2.11 Uji Statistik

Uji akurasi digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan secara visual hasil klasifikasi suatu area. Akurasi ketelitian pemetaan dilakukan dengan membuat matiks konfusi atau matriks kesalahan yang membandingkan kategori per kategori (kelas per kelas), hubungan antara data referensi (*ground truth*) dengan data hasil klasifikasi seperti pada Tabel 2.3. *User's accuracy* yang mengindikasikan probabilitas suatu piksel yang diklasifikasikan ke dalam suatu kelas tertentu yang mewakili kelas tersebut di lapangan (Lillesand, *et al.*, 2004)

Tabel 2.3.Matriks Konfusi
Sumber : (Sampurno & Thoriq, 2016)

Data Klasifikasi	Data Referensi				Total Baris	<i>User's Accuracy</i>
	A	B	C	D		
A	X_{ii}				X_{+i}	X_{ii}/X_{+i}
B						
C						
D				X_{ii}		
Total Kolom	X_{i+}				N	

Secara matematis akurasi dari table diatas adalah sebagai berikut :

$$User's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$Kappa\ (k) = \frac{N \sum_i^r X_{ii} - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

X_{ii} = nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-I dan kolom ke-i

X_{i+} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{+i} = jumlah piksel dalam baris ke-i

N = banyaknya piksel dalam contoh

$\sum_i^r X_{ii}$ = jumlah nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-I dan kolom ke-i

$\sum_i^r X_{i+} X_{+i}$ = jumlah perkalian X_{i+} dan X_{+i}

Nilai kappa <0,20 adalah rendah, 0,21-0,40 adalah lumayan (Fair), 0,41-0,60 adalah cukup, 0,61- 0,80 adalah kuat dan 0,81–1 adalah sangat kuat (B. Murti, 2011).

2.12 Penelitian Terdahulu

Abdikan, Sanli, Ustuner, & Calò (2016) dalam penelitiannya yang berjudul *Land Cover Mapping Using Sentinel-1 SAR Data* menyatakan bahwa potensi penggunaan Sentinel-1 *Synthetic Aperture Radar* (SAR) dual-polarisasi (VV + VH) dengan mode *Interferometric Wide swath* (IW) yang dikumpulkan pada 16 September 2015 di sepanjang orbit yang menurun di atas megacity Istanbul, Turki. Data telah dikalibrasi, *Terrain correction*, dan dilakukan *speckle filter* dengan ukuran jendela piksel (kernel) 5x5 menggunakan pendekatan *Gamma map*.

Metode Support Vector Machines (SVM) telah diimplementasikan sebagai klasifikasi gambar berbasis piksel yang diawasi untuk mengklasifikasikan dataset. Selama klasifikasi, skenario yang berbeda telah diterapkan untuk mengetahui kinerja data Sentinel-1. Data pelatihan dan pengujian telah dikumpulkan dari gambar resolusi tinggi Google Earth. Kombinasi polarisasi VV dan VH yang berbeda telah dianalisis dan citra klasifikasi yang dihasilkan telah dinilai dengan menggunakan akurasi klasifikasi secara keseluruhan dan koefisien Kappa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, menggabungkan data polarisasi linier ganda, akurasi keseluruhan meningkat hingga 93,28% dari 73,85% dan 70,74% menggunakan polarisasi individual VV dan VH.

Analisis awal kami menunjukkan bahwa data Sentinel-1 SAR polarimetrik ganda dapat dimanfaatkan secara efektif untuk menghasilkan peta tutupan lahan yang akurat, dengan keuntungan yang relevan untuk perencanaan kota dan pengelolaan kota-kota besar.

Angga Dwisapta Ardi dan Sri Rahayu (2013) dalam penelitiannya yang berjudul *Kajian Kesesuaian Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Arah Pemanfaatan Fungsi Kawasan Sub DAS Rawapening* menyatakan bahwa danau Rawapening merupakan salah satu danau di Indonesia yang mengalami tingkat kerusakan lingkungan yang cukup tinggi.

Aktivitas masyarakat yang tinggi di Sub DAS Rawapening akibat adanya aktivitas perkotaan memberikan dampak negatif bagi keberlanjutan Danau Rawapening. Belum adanya regulasi yang jelas tentang penggunaan lahan mengakibatkan perubahan penggunaan lahan yang sulit dikendalikan sehingga banyak perubahan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan arahan pemanfaatan fungsi kawasan. Perubahan penggunaan lahan di daerah hulu Sub DAS Rawapening meningkatkan resiko terjadinya erosi dan sedimentasi yang tinggi sehingga memungkinkan Danau Rawapening menjadi daratan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kesesuaian perubahan penggunaan lahan terhadap arahan pemanfaatan fungsi kawasan Sub DAS Rawapening. Hasil yang diperoleh, sebesar 34,74% lahan di Sub DAS Rawapening merupakan kawasan lindung. Perubahan penggunaan lahan selama tahun 1991 hingga tahun 2009 sebesar 30,43%. Perubahan penggunaan lahan terbesar yaitu perubahan penggunaan lahan tanaman keras menjadi lahan permukiman. Kecamatan Bandungan dan Kecamatan Sidomukti merupakan daerah yang mengalami perubahan penggunaan lahan paling pesat. Sebesar 19,84% lahan di Sub DAS Rawapening tidak sesuai dengan arahan pemanfaatan fungsi kawasan karena telah mengalami perubahan fungsi kawasan lindung dan fungsi kawasan penyangga serta fungsi kawasan danau menjadi fungsi kawasan budidaya yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan seperti erosi, sedimentasi dan banjir serta penurunan kualitas lingkungan. Oleh karena itu, perlu adanya regulasi zoning yang lebih mempertimbangkan aspek fungsi kawasannya.

Virgus Arison dang, Bambang Sudarsono, dan Yudo Prasetyo (2015) dalam penelitian yang berjudul Klasifikasi Tutup Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Multiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat) yang menyatakan bahwa saat ini informasi ketersediaan sumber daya lahan dapat diperoleh dari data citra penginderaan jauh. Perkembangan dari metode identifikasi objek mengarah pada

metode klasifikasi berbasis objek, salah satunya adalah metode segmentasi.

Metode ini berfungsi untuk membentuk segmen objek dan mengetahui efektifitas dan ketelitian klasifikasi tutupan lahan secara otomatis di wilayah Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Penelitian ini menggunakan data citra satelit ALOS AVNIR-2 tanggal akuisisi 27 September 2008 menggunakan algoritma *Multiresolution Segmentation* dengan parameter skala 50, bentuk 0,3 dan kekompakan 0,5. Pengolahan data citra diawali dengan penggabungan *layer*, koreksi geometrik, dan pemotongan citra. Proses berikutnya adalah segmentasi citra, penentuan populasi objek, dan klasifikasi *NearestNeighbor* menggunakan perangkat lunak *eCognition Developer 8.9*. Hasil klasifikasi diuji dengan penilaian akurasi (*accuracyassessment*) dan validasi objek menggunakan aplikasi *GoogleEarth*.

Metode segmentasi ini menghasilkan 5.350 segmen yang diklasifikasikan ke dalam lima kelas, yaitu badan air sebanyak 372 segmen, lahan terbangun sebanyak 2.051 segmen, lahan terbuka sebanyak 1.013 segmen, vegetasi sebanyak 812 segmen, dan objek yang tertutup oleh awan dan bayangan sebanyak 1.102 segmen. Luas masing-masing objek adalah badan air seluas 7.680,109 hektar, lahan terbangun seluas 41.261,562 hektar, lahan terbuka seluas 18.334,655 hektar, vegetasi seluas 18.916,952 hektar, dan luas objek yang tertutup awan dan bayangan adalah 8.647,324 hektar. Hasil penilaian akurasi menghasilkan nilai akurasi keseluruhan 99,962% dan nilai akurasi Kappa 99,948%. Sebagai kesimpulan metode segmentasi ini menghasilkan tingkat efektifitas dan akurasi yang tinggi didukung oleh resolusi spasial citra yang baik.

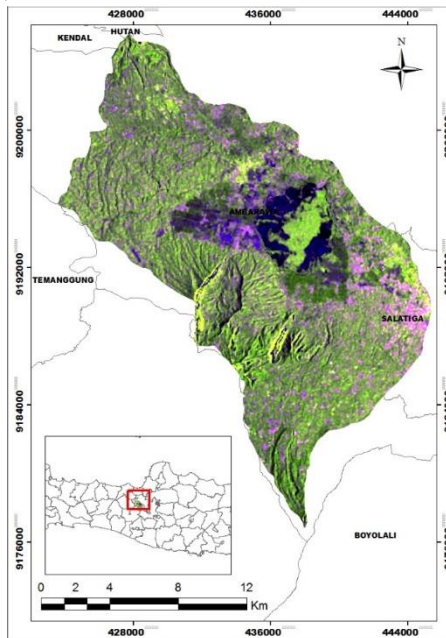
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi

Lokasi penelitian untuk Tugas Akhir ini adalah Danau Rawapening terletak pada Astronomi $7^{\circ}4'$ LS sampai $7^{\circ}30'$ LS dan $110^{\circ}24'46''$ BT sampai $110^{\circ}49'06''$ BT, dan berada di ketinggian antara 455 – 465 meter di atas permukaan laut (dpl) serta dikelilingi oleh tiga Gunung: Merbabu, Telomoyo, dan Ungaran. Letak Danau ini strategis karena berada di tepian jalan raya Nasional Semarang - Solo dan Semarang – Yogyakarta, serta berada di jalan antar Ambarawa – Kota Salatiga. Danau ini kemudian diperluas pada tahun 1936 mencapai + 2.667 Ha pada musim penghujan dan pada akhir musim kemarau luas danau Rawapening mencapai + 1.650 Ha. Adapun lokasi penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Secara administrasi Danau Rawapening berada di Kabupaten Semarang, dan daerah tangkapannya sebagian besar berada di Kabupaten Semarang serta hanya sebagian kecil berada di Kota Salatiga tepatnya wilayah Kecamatan Sidomukti dan Kecamatan Argomulyo (lihat peta 1). Areal danau Rawapening secara administratif masuk 4 Kecamatan di Kabupaten Semarang yakni :

Sebelah Utara	: Kecamatan Bawen
Sebelah Selatan	: Kecamatan Banyubiru
Sebelah Timur	: Kecamatan Tuntang
Sebelah Barat	: Kecamatan Ambarawa

Karakteristik danau Rawapening meliputi keanekaragaman hayati danau dimana terdapat beragam jenis-jenis ikan yang pernah hidup dan berkembang di Rawapening sebanyak 17 jenis, terdiri dari : *Anabas testudineus*, *Chela oxygastroides*, *Clarias batrachus*, *Ctenopharyngodon idella*, *Helostoma temmincki*, *Monopterus albus*, *Nemachilus fasciatus*, *Ophiocephalus striatus*, *Osteochilus hasselti*, *Panchax*, *Puntius binotatus*, *Puntius javanicus*, *Puntius orphiodes*, *Rasbora* sp, *Tilapia mossambica*, *Trichogaster pectoralis*. *Trichogaster trichopterus*.

Kegiatan ekonomi yang dilakukan masyarakat sekitar danau Rawapening seperti pertanian, nelayan, pengrajin eceng gondok, rumah industri, perdagangan, peternakan, jasa perahu, dan pemancingan.

3.2 Data dan Peralatan

Adapun data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Data

Adapun data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Data radar Sentinel 1A danau Rawapening tahun 2015 dan 2016

Tabel 3.1 Informasi Data Sentinel-1A

No	ID_Scene	Granule Details
1	S1A_IW_GRDH_1SDV_20150514T221659_20150514T221735_005923_007A15_D752	Acquisition Date: 2015-05-14 Beam mode: IW Path: 76 Frame: 615 Ascending/Descending: Descending Polarization: VV+VH Absolute Orbit: 5923 Frequency: C-Band
2	S1A_IW_GRDH_1SDV_20151216T221659_20151216T221734_009073_00D07E_0199	Acquisition Date: 2015-12-16 Beam mode: IW Path: 76 Frame: 614 Ascending/Descending: Descending Polarization: VV+VH Absolute Orbit: 9073 Frequency: C-Band
3	S1A_IW_GRDH_1SDV_20160508T221700_20160508T221735_011173_010DF3_9F01	Acquisition Date: 2016-05-08 Beam mode: IW Path: 76 Frame: 614 Ascending/Descending: Descending Polarization: VV+VH Absolute Orbit: 11173 Frequency: C-Band
4	S1A_IW_GRDH_1SDV_20161210T221709_20161210T221744_014323_01731A_360F	Acquisition Date: 2016-12-10 Beam mode: IW Path: 76 Frame: 615 Ascending/Descending: Descending Polarization: VV+VH Absolute Orbit: 14323 Frequency: C-Band

b. DEM SRTM 3Sec v.4

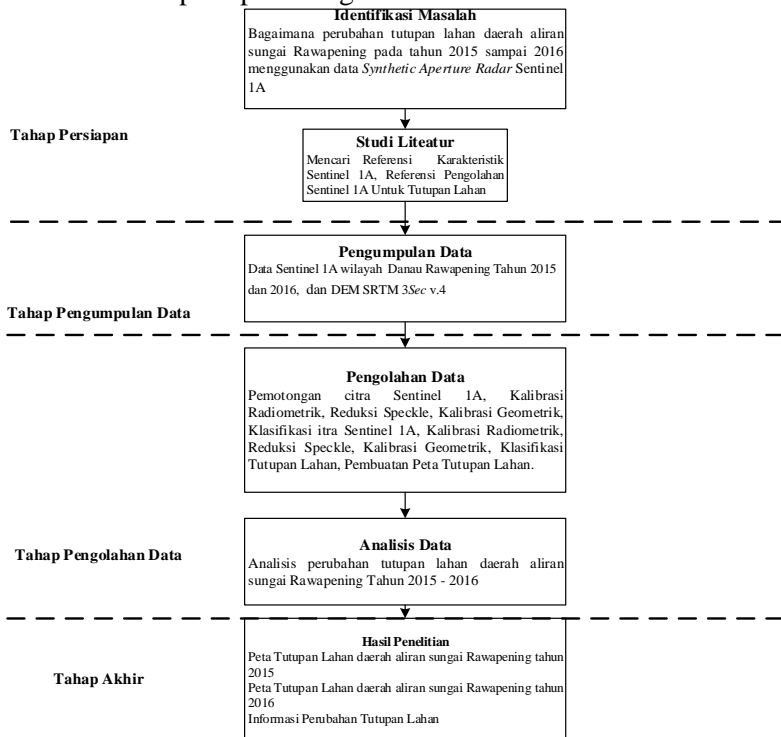
3.2.2 Peralatan

Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Perangkat Keras
 - i. Seperangkat komputer dengan kemampuan yang kompatibel dengan perangkat lunak pengolah citra
 - ii. Laptop
- b. Perangkat Lunak
 - i. Sentinel-1 Toolbox (S1Tbx) SNAP
 - ii. ArcGIS 10..2.2

3.3 Metodologi Penelitian

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah seperti pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir penelitian Tugas Akhir :

3.3.1 Tahap Persiapan

Kegiatan pada tahap persiapan meliputi :

i. **Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan dalam suatu penelitian. Adapun permasalahan dalam penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana perubahan tutupan lahan daerah sempadan danau Rawapening.

ii. **Studi Literatur**

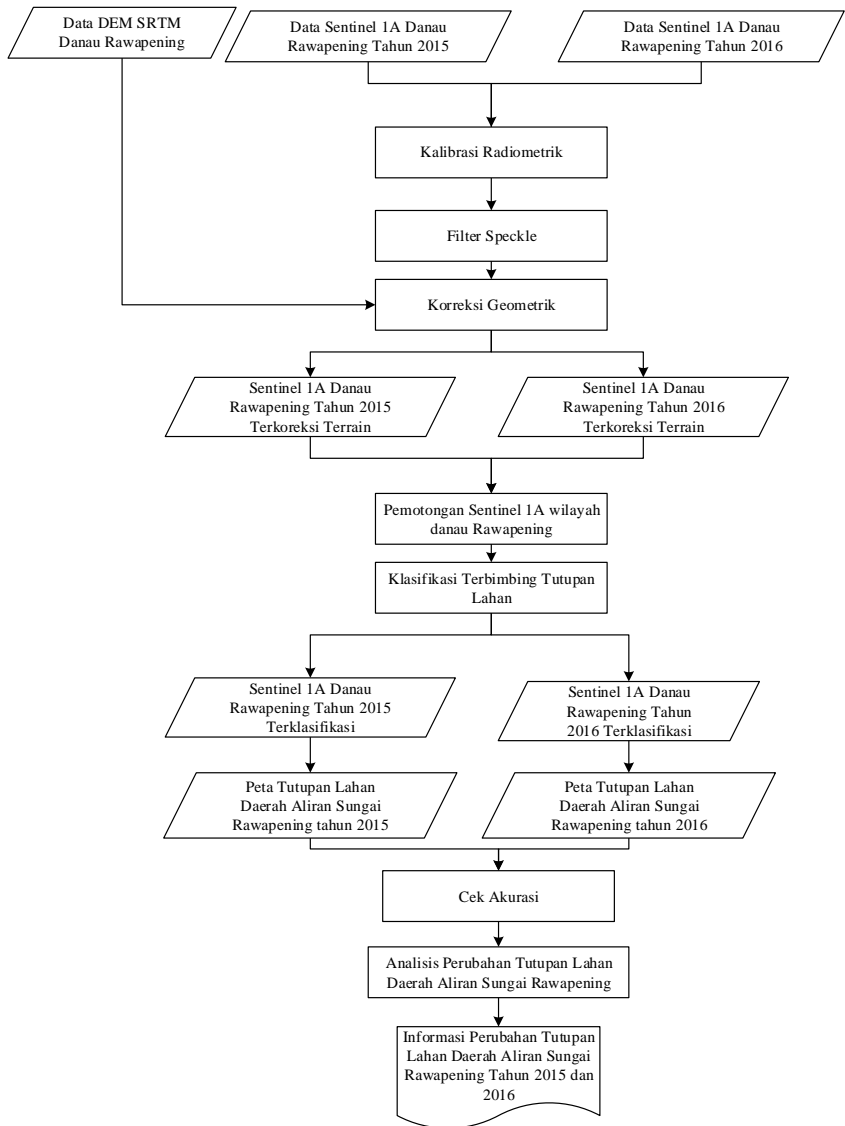
Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan perubahan tutupan lahan daerah sempadan danau Rawapening, referensi mengenai teknologi radar Sentinel 1A, tahap – tahap sebelum pengolahan radar Sentinel 1A serta literatur lain yang mendukung dari buku, jurnal, majalah, internet, dan lain sebagainya.

3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data yang dibutuhkan untuk penelitian tugas akhir tentang analisis perubahan tutupan lahan daerah sempadan danau Rawapening adalah data radar Sentinel 1A, data vektor danau Rawapening, dan data DEM SRTM

3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Adapun diagram alir pengolahan data penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data

Berikut adalah Penjelasan diagram alir tahap pengolahan data :

a) Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah data radar Sentinel 1A daerah aliran sungai Rawapening tahun 2015 dan 2016, informasi data dapat dilihat pada Tabel 3.1

b) Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik mengoreksi citra SAR sehingga nilai piksel benar-benar merepresentasikan hamburan balik radar yang dipantulkan oleh objek. Kalibrasi ini melalui menu kalibrasi radiometrik pada S1Tbx yang akan menghasilkan nilai *sigma nought* (σ_0).

c) *Speckle Filter*

Filtering digunakan untuk mengurangi *speckle (noise)* yang menjadi salah satu masalah pada pengolahan citra radar. Filter *speckle* yang digunakan adalah filter *Gamma Map* dengan ukuran jendela piksel (*kernel size*) 5 x 5

d) Koreksi Geometrik

Pada proses koreksi Geometrik menggunakan menu *Geometric* pada S1Tbx SNAP dan memilih metode *Range Doppler terrain correction* yang melibatkan data DEM dan orbit file yang diunduh secara otomatis oleh *software* S1Tbx untuk memperbaiki kesalahan – kesalahan SAR.

e) Klasifikasi

Data Sentinel 1A dilakukan klasifikasi secara digital dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) *Maximum Likelihood* pada perangkat lunak ArcGIS.

f) Uji Akurasi

Uji akurasi digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan secara visual hasil klasifikasi suatu area. Akurasi ketelitian pemetaan dilakukan dengan membuat matiks konfusi.

g) Tahap Analisis

Dalam tahap ini dilakukan analisa terhadap hasil klasifikasi data Sentinel 1A daerah aliran sungai Rawapening pada tahun

2015 dan 2016 dengan pengaruh musim yaitu saat hujan dan tidak hujan.

3.3.4 Tahap Akhir

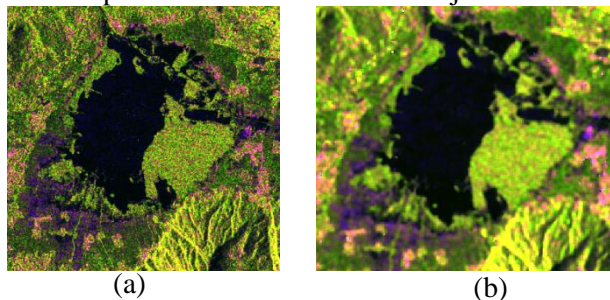
Pada tahap akhir pada penelitian Tugas Akhir ini adalah pembuatan laporan analisis perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening dari data radar Sentinel 1A tahun 2015 dan 2016.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil Pengolahan Sentinel 1A

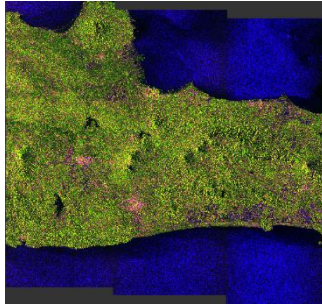
Data SAR Sentinel-1 Level 1 GRDH diproses menggunakan perangkat lunak Sentinel-1 Toolbox (S1Tbx). Proses awal yang dilakukan adalah *apply orbit correction* untuk memperbarui file orbit pada metadata agar memberikan informasi posisi dan kecepatan satelit secara akurat. Kalibrasi radiometrik menghasilkan nilai *Sigma nought* (σ^0) untuk mengkoreksi citra SAR sehingga nilai piksel benar-benar merepresentasikan hamburan balik radar yang dipantulkan oleh objek.

Adanya *speckle* dalam data SAR sebagai akibat intensitas acak yang tajam dari area gelap terang mempersulit dalam interpretasi visual digital suatu citra, sehingga perlu dilakukan *filtering*. Dalam penelitian ini digunakan *filtering Gamma Map* dengan ukuran jendela piksel (*kernel size*) 5x5, perbedaan citra sebelum difilter dan sesudah difilter dapat dilihat pada Gambar 4.1, dimana hasil pemfilteran lebih halus dan tajam.

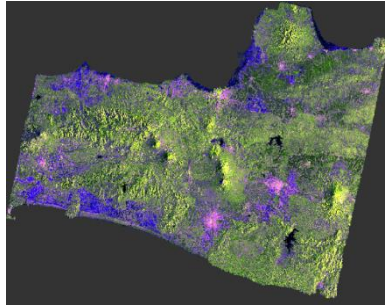


Gambar 4.1 Proses *Speckle Filter* (a) Data Sentinel 1A sebelum di filter (b) Hasil Reduksi *Speckle Filter* pada data Sentinel 1A dengan filter *Gamma Map*

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa data Sentinel 1A direpresentasikan secara terbalik, dimana wilayah di timur berada di sebelah kiri, sementara yang di barat berada di kanan.



Gambar 4.2 Citra sebelum dikoreksi Geometrik

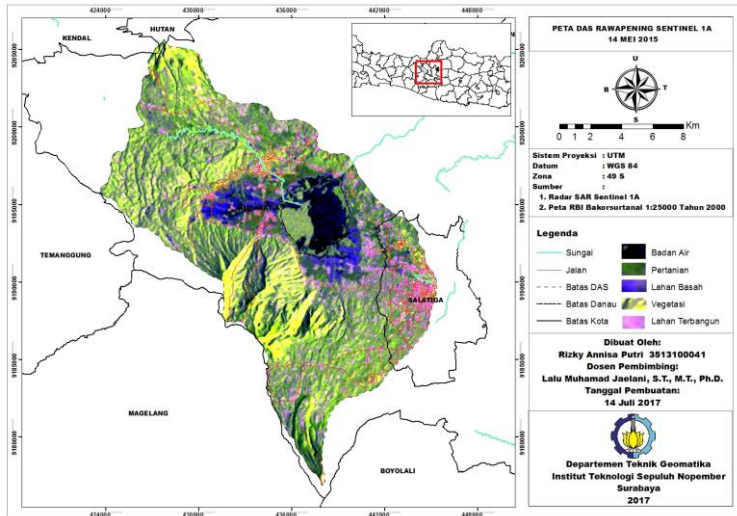


Gambar 4.3 Citra setelah dikoreksi Geometrik

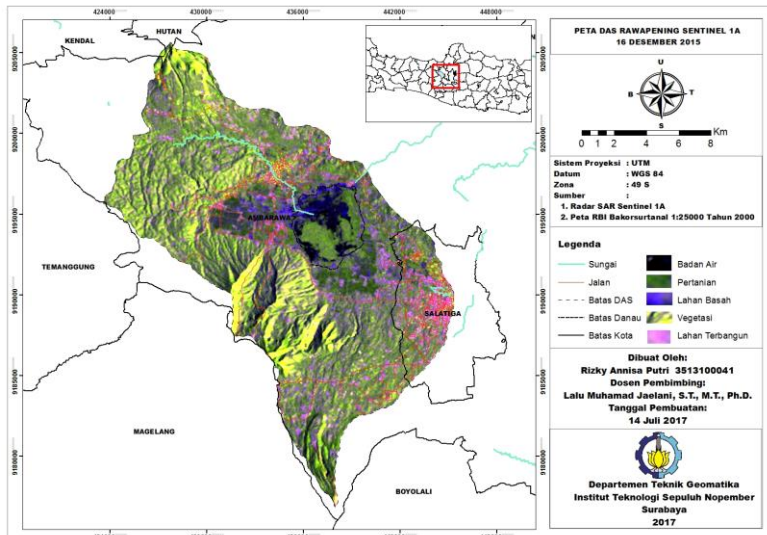
Setelah dikoreksi geometrik, data sentinel 1A telah direpresentasikan sesuai dengan peta dunia dimana wilayah di timur sudah berada di sebelah kanan dan yang di barat berada di kiri.

Proses selanjutnya dilakukan pemotongan citra yang bertujuan untuk mendapatkan citra sesuai pada daerah penelitian, sehingga dalam pemrosesan data akan menjadi lebih efektif.

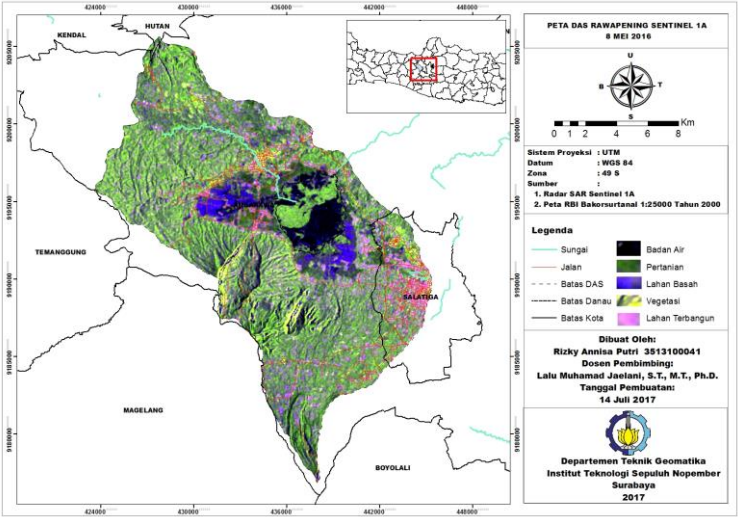
Sebelum dilakukan pemotongan citra, data Sentinel 1A dilakukan komposit warna RGB (*Red Green Blue*) untuk mempermudah dalam identifikasi objek dibandingkan dengan warna keabuan. Susunan komposit warna yaitu *Red* : VV, *Green* : VH, *Blue* : VV/VH.



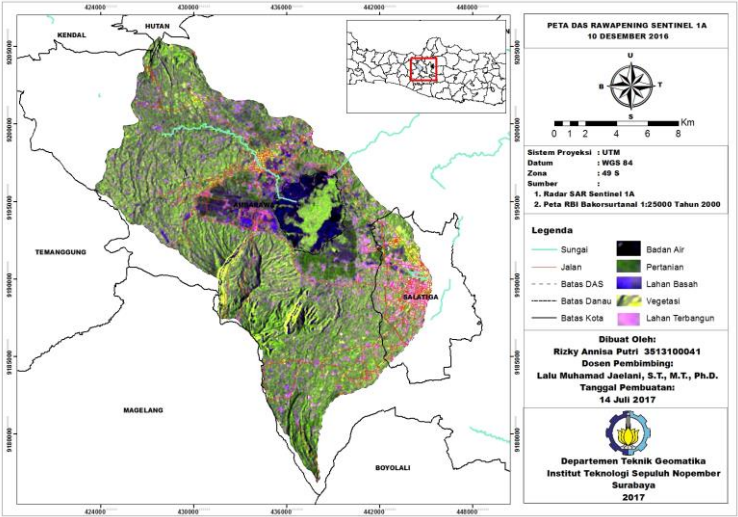
Gambar 4.4 Peta DAS Rawapening 14 Mei 2015



Gambar 4.5 Peta DAS Rawapening 16 Desember 2015


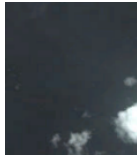
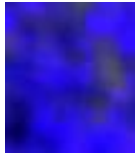
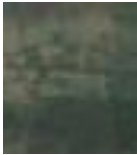


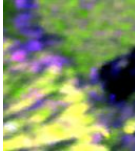
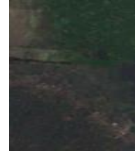

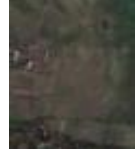


Gambar 4.6 Peta DAS Rawapening 8 Mei 2016



Gambar 4.7 Peta DAS Rawapening 10 Desember 2016

Tabel 4.1 Kenampakan Objek Sentinel 1A dengan Citra
Google Earth

no	Keterangan Objek	Tampilan Sentinel 1A	Tampilan Citra <i>Google Earth</i>
1.	Badan air berupa danau		
2.	Lahan basah		
3.	Permukiman		
4.	Vegetasi		
5.	Pertanian		

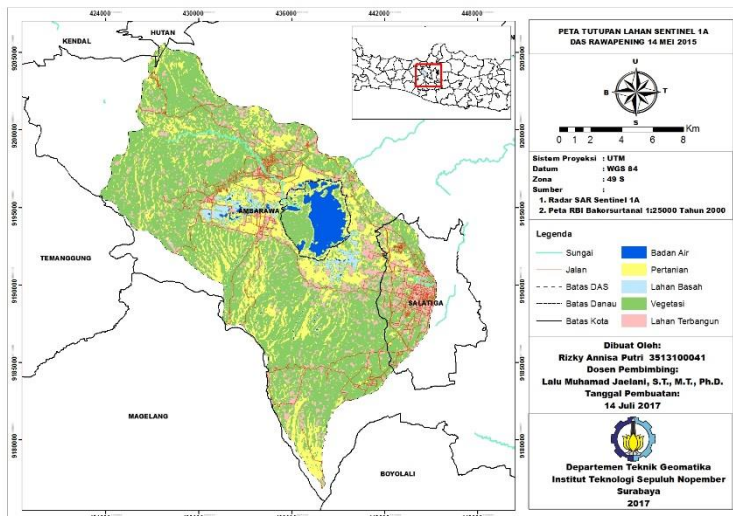
Dari Gambar 4.4, Gambar 4.5, Gambar 4.6, dan Gambar 4.7 sebelum melakukan klasifikasi, dilakukan penafsiran objek di permukaan bumi pada citra satelit agar dapat dikenali secara visual berdasarkan karakteristik atau atribut masing – masing

objek. Penafsiran visual pada data SAR Sentinel 1A dengan bantuan *google earth*.

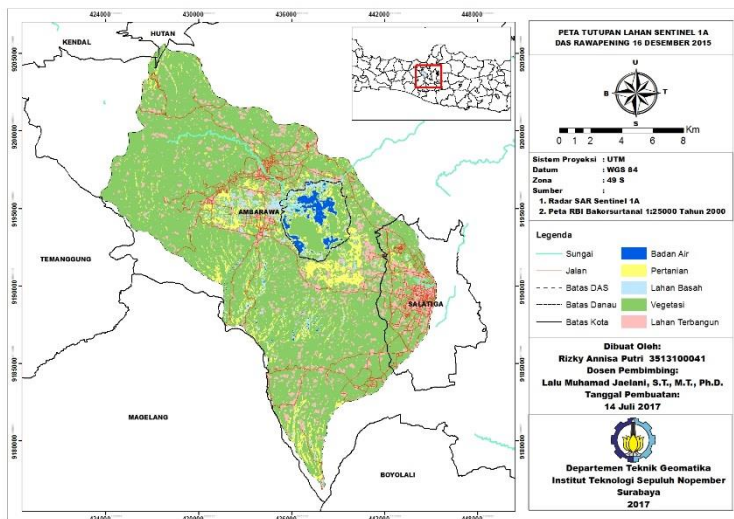
Berdasarkan hasil penafsiran terlihat bahwa objek badan air yaitu danau berwarna hitam kebiruan, objek lahan basah yang meliputi sawah basah dan tambak berwarna biru tua, objek permukiman berwarna merah muda, objek vegetasi yang meliputi tanaman eceng gondok dan hutan berwarna hijau muda kekuningan serta objek pertanian yang meliputi lahan persawahan berwarna hijau gelap.

Setelah dilakukan penafsiran, maka proses selanjutnya adalah klasifikasi dengan metode klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood* yang merupakan metode yang paling akurat dari semua metode klasifikasi terbimbing (*supervised*) karena menggunakan daerah penelitian atau *training area* pada setiap objek. Namun akurasi hasil klasifikasi bergantung pada keakuratan dalam pengambilan *training area*.

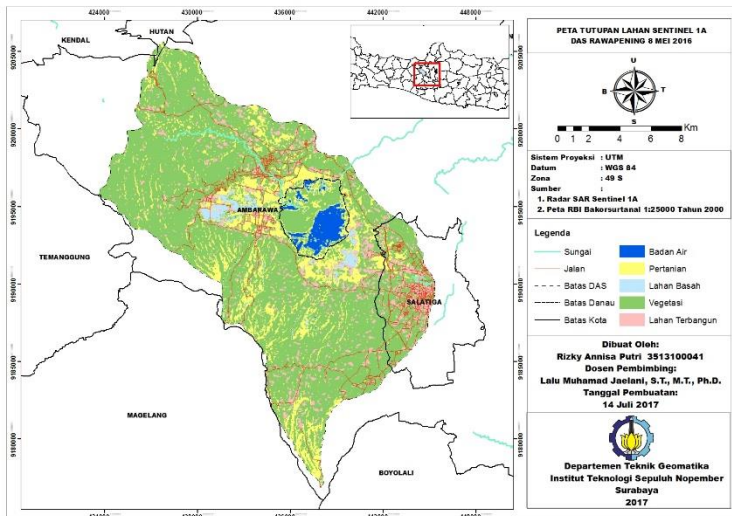
Hasil klasifikasi terdapat 5 kelas yaitu badan air, lahan pertanian, lahan basah, vegetasi, dan lahan terbangun.



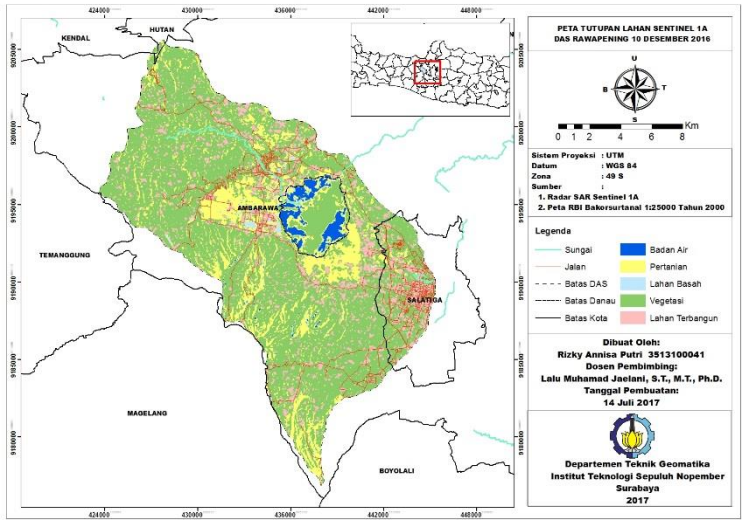
Gambar 4.8 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 14 Mei 2015



Gambar 4.9 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 16 Desember 2015



Gambar 4.10 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 8 Mei 2016



Gambar 4.11 Peta Tutupan Lahan DAS Rawapening 10 Desember 2016

Dari hasil klasifikasi tersebut diperoleh luasan masing – masing tutupan lahan pada daerah penelitian yang disajikan pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2. Luas Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Sentinel-1A

Kelas	Luas Tahun 2015 (ha)		Luas Tahun 2016 (ha)	
	Mei	Desember	Mei	Desember
Badan Air	903,449	341,427	650,199	437,495
Pertanian	5947,993	2281,351	5878,058	2252,789
Lahan Basah	511,777	845,290	313,889	409,849
Vegetasi	16783,044	20675,005	17299,961	21040,292
Lahan Terbangun	3358,285	3361,475	3362,441	3364,123
Total	27504,548	27504,548	27504,548	27544,548

Klasifikasi *Supervised maximum likelihood* merupakan klasifikasi yang berpedoman pada nilai piksel yang sudah dikategorikan obyeknya atau dibuat dalam training sampel untuk masing-masing obyek penutup lahan. Pemilihan sampel training yang kurang baik dapat menghasilkan klasifikasi yang kurang optimal sehingga akurasi yang diperoleh rendah. Maka diperlukan analisis secara statistic atau uji akurasi dari training sampel tersebut.

Uji akurasi atau uji ketelitian hasil klasifikasi penutup lahan pada penelitian ini menggunakan matriks konfusi. Uji ketelitian ini sangat penting dalam setiap hasil penelitian dari setiap jenis data penginderaan jauh, dimana tingkat ketelitian data sangat mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data penginderaan jauh (Marini, Hawariyah, Hartuti, Pemanfaatan, & Jauh, 2014).

Tabel 4.3. Matriks Konfusi Klasifikasi Tutupan Lahan Data Sentinel-1A

Data Klasifikasi	Data Referensi					Total Baris	<i>User's Accuracy</i> (%)
	Badan Air	Per tanian	Lahan Basah	Vege tasi	Lahan Ter- bangun		
Badan Air	41	0	0	0	0	41	100
Pertanian	0	40	0	2	0	42	95,238
Lahan Basah	2	0	35	0	0	37	94,595
Vegetasi	2	3	0	53	0	58	91,379
Lahan Terbangun	0	2	0	0	60	62	96,774
Total Kolom	45	45	35	55	60	240	
<i>Kappa (k) =</i>				94,218% = 0,942			
<i>Overall accuracy =</i>				95,417% = 0,954			

Untuk menguji ketepatan penilaian klasifikasi tutupan lahan yaitu menggunakan citra *Google Earth* sebagai data referensi. Dimana data hasil klasifikasi pada *ArcGIS* diubah formatnya

dalam bentuk KML agar dapat dibuka di *Google Earth*. Dalam penelitian ini menggunakan citra *Google Earth* dengan tanggal pencitraan pada tanggal 13 September 2016

Hasil akurasi *overall* dan kappa statistik klasifikasi *Maximum Likelihood* berdasarkan sampel dan matriks konfusi pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa data SAR Sentinel-1A memiliki hasil akurasi *overall* klasifikasi adalah 95,417% sedangkan akurasi kappa adalah 94,218% dengan jumlah sampel sebanyak 240 sampel. Nilai akurasi *overall* dianggap terlalu *over estimate* sehingga jarang digunakan sebagai indikator yang baik dalam mengukur kesuksesan klasifikasi karena hanya menggunakan piksel-piksel yang terletak pada diagonal suatu matriks kontingensi, sedangkan nilai akurasi kappa menggunakan semua elemen dalam matriks kesalahan (Arisonang, Sudarsono, & Prasetyo, 2015).

Berdasarkan tabel matriks konfusi tersebut terlihat bahwa kelas badan air memiliki akurasi paling tinggi sebesar 100%, kelas pertanian memiliki akurasi mencapai 95,238%, dimana kelas pertanian yang teridentifikasi bukan kelas pertanian yaitu menjadi kelas vegetasi, kelas lahan basah memiliki akurasi mencapai 94,595%, dimana kelas lahan basah yang teridentifikasi bukan kelas lahan basah yaitu menjadi kelas badan air, kelas vegetasi memiliki akurasi yang paling rendah yaitu 91,379%, dimana kelas vegetasi yang teridentifikasi bukan kelas vegetasi yaitu menjadi badan air dan pertanian, dan kelas pemukiman memiliki akurasi mencapai 96,774%, dimana kelas lahan terbangun yang bukan kelas lahan terbangun yaitu menjadi kelas pertanian.

4.2 Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Rawapening

Danau Rawapening berperan sebagai sumber kehidupan bagi masyarakat sekitar danau karena tidak terlepas dari beragam aktivitas masyarakat yang dilakukan di Danau Rawapening yang meningkat seiring dengan jalannya pembangunan di kawasan

Danau Rawapening (Abimanyu, 2016). Menurut Connell dan Millner, 1995 (dalam Abimanyu, 2016), untuk memenuhi kepentingan manusia, lingkungan sekitar danau diubah untuk disesuaikan dengan cara hidup dan cara bermukim manusia, atau bahkan kawasan ini sering dirombak untuk menampung berbagai bentuk kegiatan manusia seperti permukiman, prasarana jalan, saluran limbah rumah tangga, tanah pertanian, rekreasi dan sebagainya. Kegiatan manusia menyebabkan perubahan tutupan lahan disekitar danau, sehingga berdampak pada luas dan ekosistem danau.

Berdasarkan Tabel 4.2 pada kelas tutupan lahan badan air mengalami penurunan luas di bulan Desember sebesar 562.022 ha pada tahun 2015 dan 212,704 ha pada tahun 2016. Padahal seharusnya di musim penghujan luas badan air meningkat karena ada tambahan air hujan dan perkembangan pertumbuhan eceng gondok meningkat pada musim kemarau dan dapat menutupi permukaan danau hingga mencapai 70% (KLH, 2011). Penyebab luas badan air di musim kemarau lebih besar daripada musim hujan adalah dikarenakan saat bulan Mei 2015 dan Mei 2016 terdapat kegiatan penyelamatan Danau Rawapening yang dilaksanakan oleh relawan lingkungan untuk membersihkan tanaman eceng gondok pada permukaan Danau Rawapening (Kompas, 2016).

Penggunaan lahan di daerah sekitar danau menjadi salah satu penyebab pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkontrol dan berubahnya luasan danau. Lahan tepi Danau Rawapening digunakan oleh penduduk sekitar untuk pertanian sawah karena tanah yang digunakan cukup subur dan sesuai untuk lahan pertanian, karena tanah mengandung humus dan memiliki kadar air yang memadai. Area pertanian yang berbatasan langsung dengan badan air serta penggunaan pupuk untuk pertanian, menyebabkan terjadinya sirkulasi air dari danau ke pertanian dan dari pertanian ke danau menjadikan pupuk dari sawah masuk ke danau dan membuat eceng gondok tumbuh dengan subur. Luasan lahan pertanian mengalami penurunan luas sebesar 3666,642 ha

pada bulan Desember 2015 dan penurunan pula pada Desember 2016 sebesar 3625,269 ha. Menurunnya luas pertanian di musim hujan disebabkan lahan pertanian sering tergenang saat musim hujan yang disebabkan oleh penurunan daya tampung air danau akibat meluasnya persebaran eceng gondok. Hal ini juga disertai meningkatnya lahan basah saat musim hujan yaitu 333,513 ha pada Tahun 2015 dan 95,960 ha pada tahun 2016.

Lahan vegetasi di musim hujan (Desember) lebih besar 3891,961 ha daripada musim kemarau (Mei) pada tahun 2015 dan 3740,331 ha pada tahun 2016. Hal ini sesuai dengan yang dijelaskan Di Falco et al. (2010) yang menyatakan bahwa sejumlah tanaman berkorelasi positif dengan curah hujan secara langsung (Di Falco, Bezabih, & Yesuf, 2010).

Lahan lahan terbangun disekitar danau Rawapening terus mengalami peningkatan, dari bulan Mei 2015 hingga Desember 2015 mengalami peningkatan sebesar 3,190 ha dan dari bulan Desember 2015 hingga bulan Mei 2016 mengalami peningkatan sebesar 0,966 ha dan dari bulan Mei 2016 hingga Desember 2016 mengalami peningkatan sebesar 1,682 ha.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening dengan Sentinel 1A Tahun 2015-2016 maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pengolahan radar SAR Sentinel 1A meliputi Kalibrasi radiometrik menghasilkan nilai *sigma nought* (σ_0), Filter speckle menggunakan filter *Gamma Map* dengan ukuran jendela piksel (*kernel size*) 5 x 5, koreksi Geometrik menggunakan menu *Geometric* pada S1Tbx SNAP dan memilih metode *Range Doppler terrain correction*, klasifikasi secara digital dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) *Maximum Likelihood* pada perangkat lunak ArcGIS, dan melakukan uji akurasi menggunakan *matriks confusion*.
- b. Kelas tutupan lahan badan air mengalami penurunan luas pada musim hujan (Desember) sebesar 562,022 ha pada tahun 2015 dan 212,704 ha pada tahun 2016. Luas badan air di musim kemarau (Mei) lebih besar dari musim hujan (Desember) karena kegiatan penyelamatan Danau Rawapening. Luasan lahan pertanian mengalami penurunan sebesar 3666,642 ha pada bulan Desember 2015 dan mengalami penurunan pula pada Desember 2016 sebesar 3625,269 ha. Menurunnya luas pertanian di musim hujan disebabkan lahan pertanian sering tergenang saat musim hujan yang disebabkan oleh penurunan daya tampung air danau akibat meluasnya persebaran eceng gondok yang disertai meningkatnya lahan basah saat musim hujan yaitu 333,513 ha pada Tahun 2015 dan 95,960 ha pada tahun 2016. Lahan vegetasi di musim hujan (Desember) lebih besar 3891,961 ha daripada musim kemarau (Mei) pada tahun 2015 dan 3740,331 ha pada tahun 2016. Lahan lahan terbangun disekitar danau Rawapening terus mengalami

peningkatan, dari bulan Mei 2015 hingga Desember 2015 terjadi peningkatan sebesar 3,190 ha dan dari bulan Desember 2015 hingga bulan Mei 2016 terjadi peningkatan sebesar 0,966 ha dan dari bulan Mei 2016 hingga Desember 2016 terjadi peningkatan sebesar 1,682. Hasil akurasi *overall* klasifikasi adalah 95,417% sedangkan akurasi kappa adalah 94,218% masuk dalam rentang 0,81 – 1 sangat kuat yang menunjukkan hubungan yang kuat dengan objek pada citra *Google earth*..

5.2 **Saran**

Berdasarkan hasil pengolahan data dan kesimpulan yang diperoleh, adapun beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

- a. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode klasifikasi yang berbeda.
- b. Melakukan pengolahan menggunakan data *full polarimetry* untuk mendapat kombinasi band yang lebih baik dan mempermudah dalam interpretasi suatu objek.
- c. Melakukan pengecekan lapangan untuk memvalidasi hasil klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, K. 2016. Analisis pemanfaatan sumber daya alam danau rawa pening kabupaten semarang skripsi.
- Abdikan, S., Sanli, F. B., Ustuner, M., & Calò, F. 2016. Land Cover Mapping Using Sentinel-1 Sar Data. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI(July), 757–761. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B7-757-2016>
- Ardiansyah. 2011. Deforestasi di Pulau Kalimantan Tahun 2007-2009. *Skripsi Universitas Indonesia Jakarta*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. Klasifikasi Penutup Lahan SNI No 7645. Diakses tanggal 12 Juli 2017. www.bsn.go.id
- Bayanuddin, A. A. 2016. Pendugaan cadangan karbon di atas permukaan pada hutan rakyat dengan memanfaatkan data synthetic aperture radar sentinel-1 (studi kasus di kabupaten sukoharjo), *1*.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Danoesobroto, Ardityo. 2010. *Klasifikasi Citra/Lahan-Klasifikasi Terbimbing dan Tak Terbimbing*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Di Falco, S., Bezabih, M., & Yesuf, M. 2010. Seeds for livelihood: Crop biodiversity and food production in Ethiopia. *Ecological Economics*, 69(8), 1695–1702. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.024>
- Dwisapta, A., & Sri, A. 2013. Fungsi Kawasan Sub Das Rawapening, 3(4), 958–967.
- Esa, 2013. Sentinel 1 User Handbook.
- Esa. 2015. Sentinels for Climate Services A new era for Earth Observation
- Gutierrez, E. L., Ruiz, E. F., Uribe, E. G., & Martinez, J. M. 2001. Biomass and productivity of Water hyacinth and their application in control programs. *Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Eichhornia crassipes*, 102, 109–199.

- Hamzah, H. 2004. Deteksi Lapisan Minyak (Oil Spill) dengan Citra Radar di Perairan Utara Batam. *Skripsi, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor*.
- Lillesand dan Kiefer. 1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. *Gadjah Mada University Press. Yogyakarta*.
- Lillesand dan Kiefer. 1990. *Remote Sensing and Image Interpretation. (Fifth Edition). John Wiley and Sons, Inc., New York*.
- Kompas (Ungaran). 2016. 6 April
- KLH. 2011. Profil 15 Danau Prioritas Nasional. *Kementrian Lingkungan Hidup*.
- KLH. 2011. Gerakan Penyelamatan Danau (Germadan) Danau Rawapening.
- Kumurur, V. A. 2002. Aspek Strategis Pengelolaan Danau Tondano Secara Terpadu. *EKOTON*, 2(1), 73–80.
- Marini, Y., Hawariyah, S., Hartuti, M., Pemanfaatan, P., & Jauh, P. 2014. Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood Dengan Klasifikasi Berbasis Objek Untuk, 505–516.
- Mukhoriyah dan Trisakti, B. 2014. Kajian Kondisi Daerah Tangkapan Air Danau Kerinci. *Seminar Nasional Pengindraan Jauh*, 543–550.
- Murti, B. 2011. Variabel dan Reliabilitas Pengukuran, 1–19.
- Murti, S. H., Dinta, P., Syam, R., & Widyatmanti, W. 2012. Kajian Terhadap Pemanfaatan Kalibrasi Radiometri Gamma Naught Alos Palsar untuk Aplikasi Pemetaan Penutup Lahan, 1–9.
- Nilda, Adnyana, I. W. S., & Merit, I. N. 2010. Analisis perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap hasil air di DAS Cisdane Hulu. *Ecotrophic*, 9(1), 35–45.
- Profilyanti, B. 2015. Studi Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Data Scansar Alos Palsar Dan Citra Landsat Tm (Studi Kasus: Semarang, Jawa Tengah). *Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.

- Raimadoya, M.A., Trisasongko B.H., dan Nurwadjadi, 2007. Eksplorasi Citra Radar untuk Intelijen Ketahanan Pangan, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber daya Lahan. Institut Pertanian Bogor.
- Rizki, A., Yunasfi, & Muhtadi, A. 2015. Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran di Danau Pondok Lapan Kecamatan Salapian Kabupaten Langkat.
- Sabin, F.F, Jr. 1978. Remote Sensing, Principles And Interpretation, San francisco.
- Salman, F. 2011. Evaluasi Manual Penafsiran Visual Citra ALOS PALSAR dalam Mengidentifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra ALOS PALSAR Resolusi 50 M. *Tugas Akhir Institut Penelitian Bogor*.
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. 2016. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang, 10(2).
- Sari. 2014. *Metode Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DINSAR) untuk Analisa Deformasi Di Daerah Rawan Bencana Gempa Bumi (Studi Kasus : Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Septiana, B., Wijaya, A. P., & Suprayogi, A. 2017. Jurnal Geodesi Undip Januari 2017 Metode Sar Simulation Terrain Correction Menggunakan Data Sar Sentinel – 1, 6, 148–157.
- Setiawan, D., & Zaitunah, A. 2015. Analisis Perubahan Penutupan Kawasan Hutan Mangrove Di Kecamatan Langsa Barat Kota Langsa, (1996), 1–13.
- Setyawan, R. E. 2012. Klasifikasi penutupan lahan hutan mangrove di Kecamatan Buduran Kabupaten Sioarjo Provinsi Jawa Timur dengan Citra Satelit Terrasar-X High Resolution. *Manajemen Hutan, Sarjana*, 82.
- Sitorus, J. 2004. *Analisis Pola Spasial Penggunaan Lahan dan Suburbanisasi di Kawasan JABODETABEK periode 1992-2000*. Institut Pertanian Bogor.

- Sutanto. 1987. *Penginderaan Jauh, Jilid I dan II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tjahjaningsih, A., Si, M., Suwargana, N., Si, M., Carolita, I., Si, M., & Si, M. (n.d.). *Pemanfaatan Penginderaan Jauh Satelit untuk Pemantauan Daerah Tangkapan Air dan Danau* (Vol. 7).
- Tri Retnaningsih, S., Shalihuddin Djalal, T., Sutikno, Hadisusanto, S., & Gell, P. 2012. Strategi Diatom Danau Rawapening: Kajian Paleolimnologi sebagai Landasan Pengelolaan Danau. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi V Tahun 2010*, 102–115.
- Van Zyl, J. J., & Kim, Y. 2010. Synthetic Aperture Radar Polarimetry. <https://doi.org/10.1002/9781118116104>
- Virgus Arisondang, Bambang Sudarsono, Y. P. (2015). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Multiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 4, 42.
- Yudo Prasetyo, H. 2011. Pengenalan Teknologi Radar Untuk Pemetaan Spasial Di Kawasan Tropis. *Teknik – Vol. 32 No.2*.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Tabel Luas Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Sentinel-1A

Kelas	Luas Tahun 2015 (ha)		Luas Tahun 2016 (ha)	
	Mei	Desember	Mei	Desember
Badan Air	903,449	341,427	650,199	437,495
Pertanian	5947,993	2281,351	5878,058	2252,789
Lahan Basah	511,777	845,290	313,889	409,849
Vegetasi	16783,044	20675,005	17299,961	21040,292
Lahan Terbangun	3358,285	3361,475	3362,441	3364,123
Total	27504,548	27504,548	27504,548	27544,548

Lampiran 2

Tabel Matriks Konfusi Klasifikasi Tutupan Lahan Data Sentinel 1A dan Perhitungan *Kappa* serta *overall*

Data Klassifikasi	Data Referensi					Total Baris (x)	xy	User's Accuracy (%)
	Badan Air	Pertanian	Lahan Basah	Vegetasi				
Badan Air	41	0	0	0	100	41	1845	100
Pertanian	0	40	0	2	95,238	42	1890	95,238
Lahan Basah	2	0	35	0	94,595	37	1295	94,595
Vegetasi	2	3	0	53	91,379	58	3190	91,379
Lahan Terbangun	0	2	0	0	96,774	62	3720	96,774
Total Kolom (y)	45	45	35	55	60	240	11940	

$$Kappa (k) = \frac{N \sum_i^r X_{ii} - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}} \times 100\% = \frac{240(41+40+35+53+60) - 11940}{240^2 - 11940} \times 100\% = 94,218\% = 0,942$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} \times 100\% = \frac{(41+40+35+53+60)}{240} \times 100\% = 95,417\% = 0,954$$

Lampiran 3 Metadata

Metadata Data SAR Sentinel 1A Tanggal Akuisisi 14 Mei 2015

Name	Value	Type	Unit	Description
PRODUCT	S1A_IW_GRDH_1SDV_20150514T221659_2015	ascii		Product name
PRODUCT_TYPE	GRD	ascii		Product type
SPH_DESCRIPTOR	Sentinel-1 IW Level-1 GRD Product	ascii		Description
MISSION	SENTINEL-1A	ascii		Satellite mission
ACQUISITION_MODE	IW	ascii		Acquisition mode
antenna_pointing	right	ascii		Right or left facing
BEAMS	-	ascii		Beams used
SWATH	-	ascii		Swath name
PROC_TIME	15-MAY-2015 00:04:53.960358	uint32	utc	Processed time
Processing_system_identifier	DLR Sentinel-1 IPF 002.43	ascii		Processing system identifier
orbit_cycle	48	int32		Cycle
REL_ORBIT	76	int32		Track
ABS_ORBIT	5923	int32		Orbit
STATE_VECTOR_TIME	14-MAY-2015 22:16:57.928000	uint32	utc	Time of orbit state vector
VECTOR_SOURCE	-	ascii		State vector source
incidence_near	30.749	float64	deg	
incidence_far	45.91	float64	deg	
slice_num	1	int32		Slice number
data_take_id	31253	int32		Data take identifier
first_line_time	14-MAY-2015 22:16:59.928198	uint32	utc	First zero doppler azimuth time
last_line_time	14-MAY-2015 22:17:35.220635	uint32	utc	Last zero doppler azimuth time
first_near_lat	-6.563	float64	deg	
first_near_long	111.59	float64	deg	
first_far_lat	-6.067	float64	deg	
first_far_long	109.37	float64	deg	
last_near_lat	-8.695	float64	deg	

Name	Value	Type	Unit	Description
last_near_long	111.122	float64	deg	
last_far_lat	-8.192	float64	deg	
last_far_long	108.892	float64	deg	
PASS	DESCENDING	ascii		ASCENDING or DESCENDING
SAMPLE_TYPE	DETECTED	ascii		DETECTED or COMPLEX
mds1_tx_rx_polar	VH	ascii		Polarization
mds2_tx_rx_polar	VV	ascii		Polarization
mds3_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
mds4_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
polsar_data	0	uint8	flag	Polarimetric Matrix
algorithm	-	ascii		Processing algorithm
azimuth_looks	1	float64		
range_looks	5	float64		
range_spacing	10	float64	m	Range sample spacing
azimuth_spacing	10	float64	m	Azimuth sample spacing
pulse_repetition_frequency	1,717.129	float64	Hz	PRF
radar_frequency	5,405	float64	MHz	Radar frequency
line_time_interval	0.001	float64	s	
total_size	4573	uint32	MB	Total product size
num_output_lines	23790	uint32	lines	Raster height
num_samples_per_line	25173	uint32	samples	Raster width
subset_offset_x	0	uint32	samples	X coordinate of UL corner of subset in original image
subset_offset_y	0	uint32	samples	Y coordinate of UL corner of subset in original image
srgr_flag	1	uint8	flag	SRGR applied
avg_scene_height	-66.074	float64	m	Average scene height ellipsoid
map_projection	-	ascii		Map projection applied

Name	Value	Type	Unit	Description
map_projection	-	ascii		Map projection applied
is_terrain_corrected	0	uint8	flag	orthorectification applied
DEM	-	ascii		Digital Elevation Model used
geo_ref_system	-	ascii		geographic reference system
lat_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
lon_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
slant_range_to_first_pixel	800,433.606	float64	m	Slant range to 1st data sample
ant_elev_corr_flag	0	uint8	flag	Antenna elevation applied
range_spread_comp_flag	0	uint8	flag	range spread compensation applied
replica_power_corr_flag	0	uint8	flag	Replica pulse power correction applied
abs_calibration_flag	0	uint8	flag	Product calibrated
calibration_factor	99,999	float64	dB	Calibration constant
chirp_power	99,999	float64		Chirp power
inc_angle_comp_flag	0	uint8	flag	incidence angle compensation applied
ref_inc_angle	99,999	float64		Reference incidence angle
ref_slant_range	99,999	float64		Reference slant range
ref_slant_range_exp	99,999	float64		Reference slant range exponent
rescaling_factor	99,999	float64		Rescaling factor
range_sampling_rate	64.345	float64	MHz	Range Sampling Rate
range_bandwidth	56.5	float64	MHz	Bandwidth total in range
azimuth_bandwidth	327	float64	Hz	Bandwidth total in azimuth
multilook_flag	0	uint8	flag	Multilook applied
coregistered_stack	0	uint8	flag	Coregistration applied
external_calibration_file	-	ascii		External calibration file used
orbit_state_vector_file	-	ascii		Orbit file used
metadata_version	6.0	ascii		AbsMetadata version

Name	Value	Type	Unit	Description
centre_lat	-7.379	float64		
centre_lon	110.237	float64		
centre_heading	192.234	float64		
centre_heading2	12.234	float64		

Metadata Data SAR Sentinel 1A Tanggal Akuisisi 16 Desember 2015

Name	Value	Type	Unit	Description
PRODUCT	S1A_IW_GRDH_1SDV_20151216T221659_2015	ascii		Product name
PRODUCT_TYPE	GRD	ascii		Product type
SPH_DESCRIPTOR	Sentinel-1 IW Level-1 GRD Product	ascii		Description
MISSION	SENTINEL-1A	ascii		Satellite mission
ACQUISITION_MODE	IW	ascii		Acquisition mode
antenna_pointing	right	ascii		Right or left facing
BEAMS	-	ascii		Beams used
SWATH	-	ascii		Swath name
PROC_TIME	17-DEC-2015 10:05:46.797364	uint32	utc	Processed time
Processing_system_identifier	ESA Sentinel-1 IPF 002.60	ascii		Processing system identifier
orbit_cycle	66	int32		Cycle
REL_ORBIT	76	int32		Track
ABS_ORBIT	9073	int32		Orbit
STATE_VECTOR_TIME	16-DEC-2015 22:15:51.792661	uint32	utc	Time of orbit state vector
VECTOR_SOURCE	-	ascii		State vector source
incidence_near	30.716	float64	deg	
incidence_far	45.903	float64	deg	
slice_num	1	int32		Slice number
data_take_id	53374	int32		Data take identifier
first_line_time	16-DEC-2015 22:16:59.580873	uint32	utc	First zero doppler azimuth time
last_line_time	16-DEC-2015 22:17:34.868858	uint32	utc	Last zero doppler azimuth time
first_near_lat	-6.229	float64	deg	
first_near_long	111.66	float64	deg	
first_far_lat	-5.734	float64	deg	
first_far_long	109.437	float64	deg	
last_near_lat	-8.362	float64	deg	

Name	Value	Type	Unit	Description
last_near_long	111.197	float64	deg	
last_far_lat	-7.859	float64	deg	
last_far_long	108.966	float64	deg	
PASS	DESCENDING	ascii		ASCENDING or DESCENDING
SAMPLE_TYPE	DETECTED	ascii		DETECTED or COMPLEX
mds1_tx_rx_polar	VH	ascii		Polarization
mds2_tx_rx_polar	VV	ascii		Polarization
mds3_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
mds4_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
polsar_data	0	uint8	flag	Polarimetric Matrix
algorithm	-	ascii		Processing algorithm
azimuth_looks	1	float64		
range_looks	5	float64		
range_spacing	10	float64	m	Range sample spacing
azimuth_spacing	10	float64	m	Azimuth sample spacing
pulse_repetition_frequency	1,717.129	float64	Hz	PRF
radar_frequency	5,405	float64	MHz	Radar frequency
line_time_interval	0.001	float64	s	
total_size	4579	uint32	MB	Total product size
num_output_lines	23785	uint32	lines	Raster height
num_samples_per_line	25212	uint32	samples	Raster width
subset_offset_x	0	uint32	samples	X coordinate of UL corner of subset in original image
subset_offset_y	0	uint32	samples	Y coordinate of UL corner of subset in original image
srgr_flag	1	uint8	flag	SRGR applied
avg_scene_height	-169.977	float64	m	Average scene height ellipsoid
map_projection	-	ascii		Map projection applied

Name	Value	Type	Unit	Description
is_terrain_corrected	0	uint8	flag	orthorectification applied
DEM	-	ascii		Digital Elevation Model used
geo_ref_system	-	ascii		geographic reference system
lat_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
lon_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
slant_range_to_first_pixel	800,433.606	float64	m	Slant range to 1st data sample
ant_elev_corr_flag	0	uint8	flag	Antenna elevation applied
range_spread_comp_flag	0	uint8	flag	range spread compensation applied
replica_power_corr_flag	0	uint8	flag	Replica pulse power correction applied
abs_calibration_flag	0	uint8	flag	Product calibrated
calibration_factor	99,999	float64	dB	Calibration constant
chirp_power	99,999	float64		Chirp power
inc_angle_comp_flag	0	uint8	flag	incidence angle compensation applied
ref_inc_angle	99,999	float64		Reference incidence angle
ref_slant_range	99,999	float64		Reference slant range
ref_slant_range_exp	99,999	float64		Reference slant range exponent
rescaling_factor	99,999	float64		Rescaling factor
range_sampling_rate	64.345	float64	MHz	Range Sampling Rate
range_bandwidth	56.5	float64	MHz	Bandwidth total in range
azimuth_bandwidth	327	float64	Hz	Bandwidth total in azimuth
multilook_flag	0	uint8	flag	Multilook applied
coregistered_stack	0	uint8	flag	Coregistration applied
external_calibration_file	-	ascii		External calibration file used
orbit_state_vector_file	-	ascii		Orbit file used
metadata_version	6.0	ascii		AbsMetadata version
centre_lat	-7.047	float64		

Name	Value	Type	Unit	Description
centre_lat	-7.047	float64		
centre_lon	110.313	float64		
centre_heading	192.666	float64		
centre_heading2	12.666	float64		

Metadata Data SAR Sentinel 1A Tanggal Akuisisi 8 Mei 2016

Name	Value	Type	Unit	Description
PRODUCT	S1A_IW_GRDH_1SDV_20160508T221700_2016	ascii		Product name
PRODUCT_TYPE	GRD	ascii		Product type
SPH_DESCRIPTOR	Sentinel-1 IW Level-1 GRD Product	ascii		Description
MISSION	SENTINEL-1A	ascii		Satellite mission
ACQUISITION_MODE	IW	ascii		Acquisition mode
antenna_pointing	right	ascii		Right or left facing
BEAMS	-	ascii		Beams used
SWATH	-	ascii		Swath name
PROC_TIME	09-MAY-2016 00:25:05.177262	uint32	utc	Processed time
Processing_system_identifier	ESA Sentinel-1 IPF 002.70	ascii		Processing system identifier
orbit_cycle	78	int32		Cycle
REL_ORBIT	76	int32		Track
ABS_ORBIT	11173	int32		Orbit
STATE_VECTOR_TIME	08-MAY-2016 22:15:58.246304	uint32	utc	Time of orbit state vector
VECTOR_SOURCE	-	ascii		State vector source
incidence_near	30.713	float64	deg	
incidence_far	45.901	float64	deg	
slice_num	1	int32		Slice number
data_take_id	69107	int32		Data take identifier
first_line_time	08-MAY-2016 22:17:00.495715	uint32	utc	First zero doppler azimuth time
last_line_time	08-MAY-2016 22:17:35.807604	uint32	utc	Last zero doppler azimuth time
first_near_lat	-6.227	float64	deg	
first_near_long	111.66	float64	deg	
first_far_lat	-5.732	float64	deg	
first_far_long	109.437	float64	deg	
last_near_lat	-8.362	float64	deg	

Name	Value	Type	Unit	Description
last_near_long	111.197	float64	deg	
last_far_lat	-7.859	float64	deg	
last_far_long	108.965	float64	deg	
PASS	DESCENDING	ascii		ASCENDING or DESCENDING
SAMPLE_TYPE	DETECTED	ascii		DETECTED or COMPLEX
mds1_tx_rx_polar	VH	ascii		Polarization
mds2_tx_rx_polar	VV	ascii		Polarization
mds3_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
mds4_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
polsar_data	0	uint8	flag	Polarimetric Matrix
algorithm	-	ascii		Processing algorithm
azimuth_looks	1	float64		
range_looks	5	float64		
range_spacing	10	float64	m	Range sample spacing
azimuth_spacing	10	float64	m	Azimuth sample spacing
pulse_repetition_frequency	1,717.129	float64	Hz	PRF
radar_frequency	5,405	float64	MHz	Radar frequency
line_time_interval	0.001	float64	s	
total_size	4582	uint32	MB	Total product size
num_output_lines	23801	uint32	lines	Raster height
num_samples_per_line	25213	uint32	samples	Raster width
subset_offset_x	0	uint32	samples	X coordinate of UL corner of subset in original image
subset_offset_y	0	uint32	samples	Y coordinate of UL corner of subset in original image
srgr_flag	1	uint8	flag	SRGR applied
avg_scene_height	-169.011	float64	m	Average scene height ellipsoid
map_projection	-	ascii		Map projection applied

Name	Value	Type	Unit	Description
is_terrain_corrected	0	uint8	flag	orthorectification applied
DEM	-	ascii		Digital Elevation Model used
geo_ref_system	-	ascii		geographic reference system
lat_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
lon_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
slant_range_to_first_pixel	800,433.606	float64	m	Slant range to 1st data sample
ant_elev_corr_flag	0	uint8	flag	Antenna elevation applied
range_spread_comp_flag	0	uint8	flag	range spread compensation applied
replica_power_corr_flag	0	uint8	flag	Replica pulse power correction applied
abs_calibration_flag	0	uint8	flag	Product calibrated
calibration_factor	99,999	float64	dB	Calibration constant
chirp_power	99,999	float64		Chirp power
inc_angle_comp_flag	0	uint8	flag	incidence angle compensation applied
ref_inc_angle	99,999	float64		Reference incidence angle
ref_slant_range	99,999	float64		Reference slant range
ref_slant_range_exp	99,999	float64		Reference slant range exponent
rescaling_factor	99,999	float64		Rescaling factor
range_sampling_rate	64.345	float64	MHz	Range Sampling Rate
range_bandwidth	56.5	float64	MHz	Bandwidth total in range
azimuth_bandwidth	327	float64	Hz	Bandwidth total in azimuth
multilook_flag	0	uint8	flag	Multilook applied
coregistered_stack	0	uint8	flag	Coregistration applied
external_calibration_file	-	ascii		External calibration file used
orbit_state_vector_file	-	ascii		Orbit file used
metadata_version	6.0	ascii		AbsMetadata version
centre_lat	-7.046	float64		

Name	Value	Type	Unit	Description
centre_lon	110.313	float64		
centre_heading	192.66	float64		
centre_heading2	12.66	float64		

Metadata Data SAR Sentinel 1A Tanggal Akuisisi 10 Desember 2016

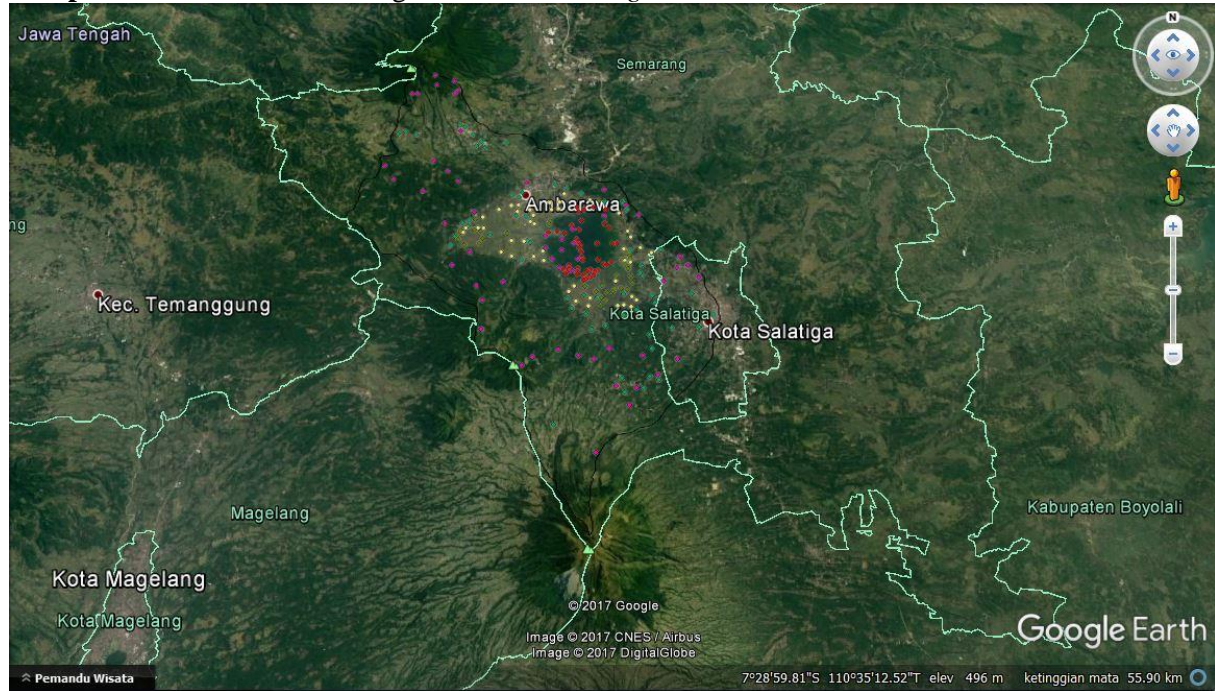
Name	Value	Type	Unit	Description
PRODUCT	S1A_IW_GRDH_1SDV_20161210T221709_2016	ascii		Product name
PRODUCT_TYPE	GRD	ascii		Product type
SPH_DESCRIPTOR	Sentinel-1 IW Level-1 GRD Product	ascii		Description
MISSION	SENTINEL-1A	ascii		Satellite mission
ACQUISITION_MODE	IW	ascii		Acquisition mode
antenna_pointing	right	ascii		Right or left facing
BEAMS	-	ascii		Beams used
SWATH	-	ascii		Swath name
PROC_TIME	11-DEC-2016 01:21:25.696624	uint32	utc	Processed time
Processing_system_identifier	ESA Sentinel-1 IPF 002.72	ascii		Processing system identifier
orbit_cycle	96	int32		Cycle
REL_ORBIT	76	int32		Track
ABS_ORBIT	14323	int32		Orbit
STATE_VECTOR_TIME	10-DEC-2016 22:16:04.437565	uint32	utc	Time of orbit state vector
VECTOR_SOURCE	-	ascii		State vector source
incidence_near	30.722	float64	deg	
incidence_far	45.884	float64	deg	
slice_num	1	int32		Slice number
data_take_id	95002	int32		Data take identifier
first_line_time	10-DEC-2016 22:17:09.512831	uint32	utc	First zero doppler azimuth time
last_line_time	10-DEC-2016 22:17:44.814421	uint32	utc	Last zero doppler azimuth time
first_near_lat	-6.395	float64	deg	
first_near_long	111.623	float64	deg	
first_far_lat	-5.9	float64	deg	
first_far_long	109.404	float64	deg	
last_near_lat	-8.528	float64	deg	

Name	Value	Type	Unit	Description
last_near_long	111.156	float64	deg	
last_far_lat	-8.026	float64	deg	
last_far_long	108.928	float64	deg	
PASS	DESCENDING	ascii		ASCENDING or DESCENDING
SAMPLE_TYPE	DETECTED	ascii		DETECTED or COMPLEX
mds1_tx_rx_polar	VH	ascii		Polarization
mds2_tx_rx_polar	VV	ascii		Polarization
mds3_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
mds4_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
polsar_data	0	uint8	flag	Polarimetric Matrix
algorithm	-	ascii		Processing algorithm
azimuth_looks	1	float64		
range_looks	5	float64		
range_spacing	10	float64	m	Range sample spacing
azimuth_spacing	10	float64	m	Azimuth sample spacing
pulse_repetition_frequency	1,717.129	float64	Hz	PRF
radar_frequency	5,405	float64	MHz	Radar frequency
line_time_interval	0.001	float64	s	
total_size	4572	uint32	MB	Total product size
num_output_lines	23795	uint32	lines	Raster height
num_samples_per_line	25165	uint32	samples	Raster width
subset_offset_x	0	uint32	samples	X coordinate of UL corner of subset in original image
subset_offset_y	0	uint32	samples	Y coordinate of UL corner of subset in original image
srgr_flag	1	uint8	flag	SRGR applied
avg_scene_height	114	float64	m	Average scene height ellipsoid
map_projection	-	ascii		Map projection applied

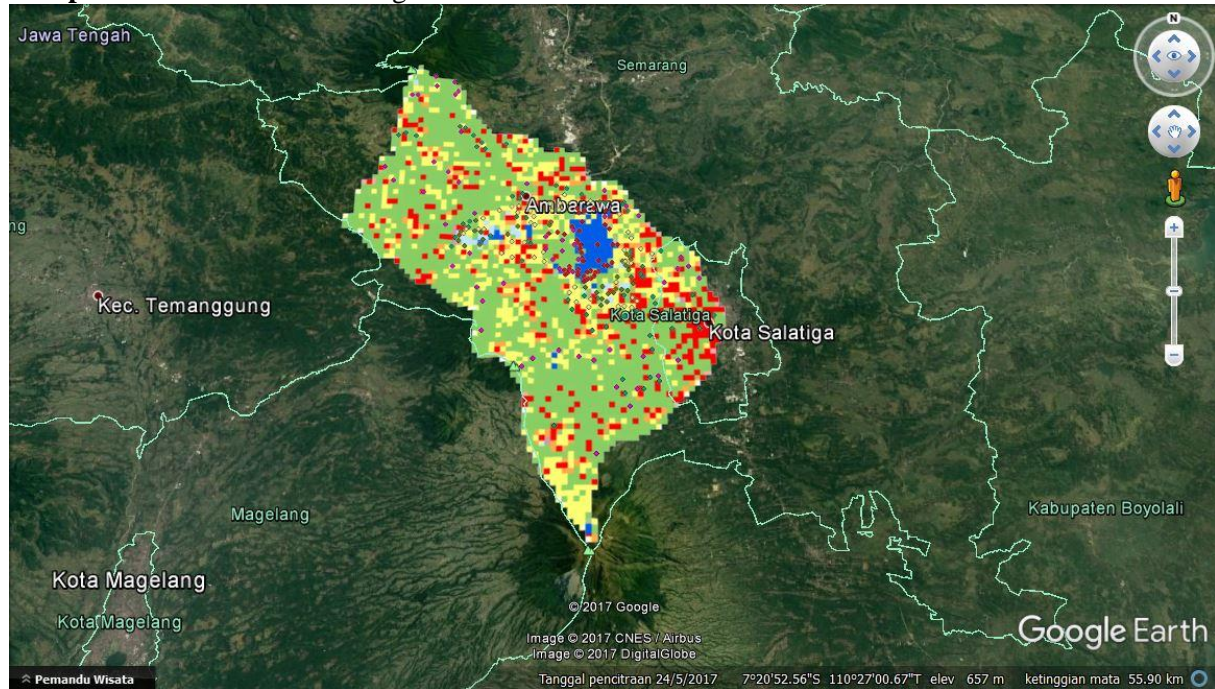
Name	Value	Type	Unit	Description
is_terrain_corrected	0	uint8	flag	orthorectification applied
DEM	-	ascii		Digital Elevation Model used
geo_ref_system	-	ascii		geographic reference system
lat_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
lon_pixel_res	99,999	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
slant_range_to_first_pixel	800,433.606	float64	m	Slant range to 1st data sample
ant_elev_corr_flag	0	uint8	flag	Antenna elevation applied
range_spread_comp_flag	0	uint8	flag	range spread compensation applied
replica_power_corr_flag	0	uint8	flag	Replica pulse power correction applied
abs_calibration_flag	0	uint8	flag	Product calibrated
calibration_factor	99,999	float64	dB	Calibration constant
chirp_power	99,999	float64		Chirp power
inc_angle_comp_flag	0	uint8	flag	incidence angle compensation applied
ref_inc_angle	99,999	float64		Reference incidence angle
ref_slant_range	99,999	float64		Reference slant range
ref_slant_range_exp	99,999	float64		Reference slant range exponent
rescaling_factor	99,999	float64		Rescaling factor
range_sampling_rate	64.345	float64	MHz	Range Sampling Rate
range_bandwidth	56.5	float64	MHz	Bandwidth total in range
azimuth_bandwidth	327	float64	Hz	Bandwidth total in azimuth
multilook_flag	0	uint8	flag	Multilook applied
coregistered_stack	0	uint8	flag	Coregistration applied
external_calibration_file	-	ascii		External calibration file used
orbit_state_vector_file	-	ascii		Orbit file used
metadata_version	6.0	ascii		AbsMetadata version
centre_lat	-7.213	float64		

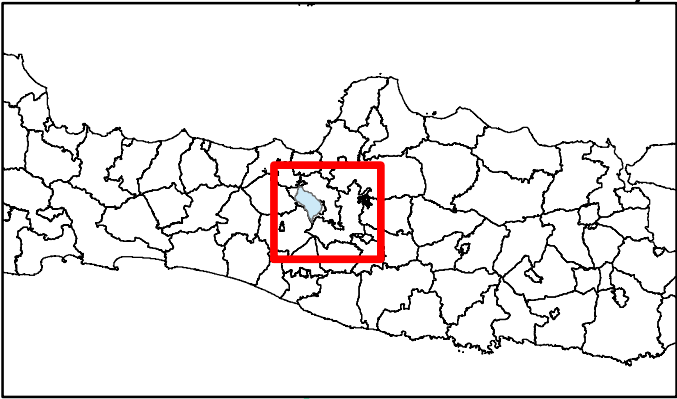
Name	Value	Type	Unit	Description
centre_lon	110.277	float64		
centre_heading	193.445	float64		
centre_heading2	13.446	float64		

Lampiran 4 Titik Referensi dengan acuan citra *Google Earth*

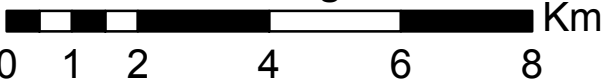
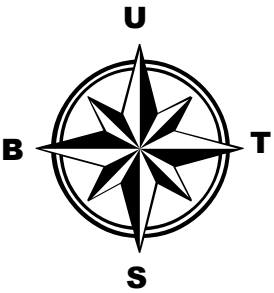


Lampiran 5 Titik Referensi dengan acuan data klasifikasi





**PETA TUTUPAN LAHAN SENTINEL 1A
DAS RAWAPENING 14 MEI 2015**



Sistem Proyeksi : UTM
Datum : WGS 84
Zona : 49 S
Sumber :
1. Radar SAR Sentinel 1A
2. Peta RBI Bakorsurtanal 1:25000 Tahun 2000

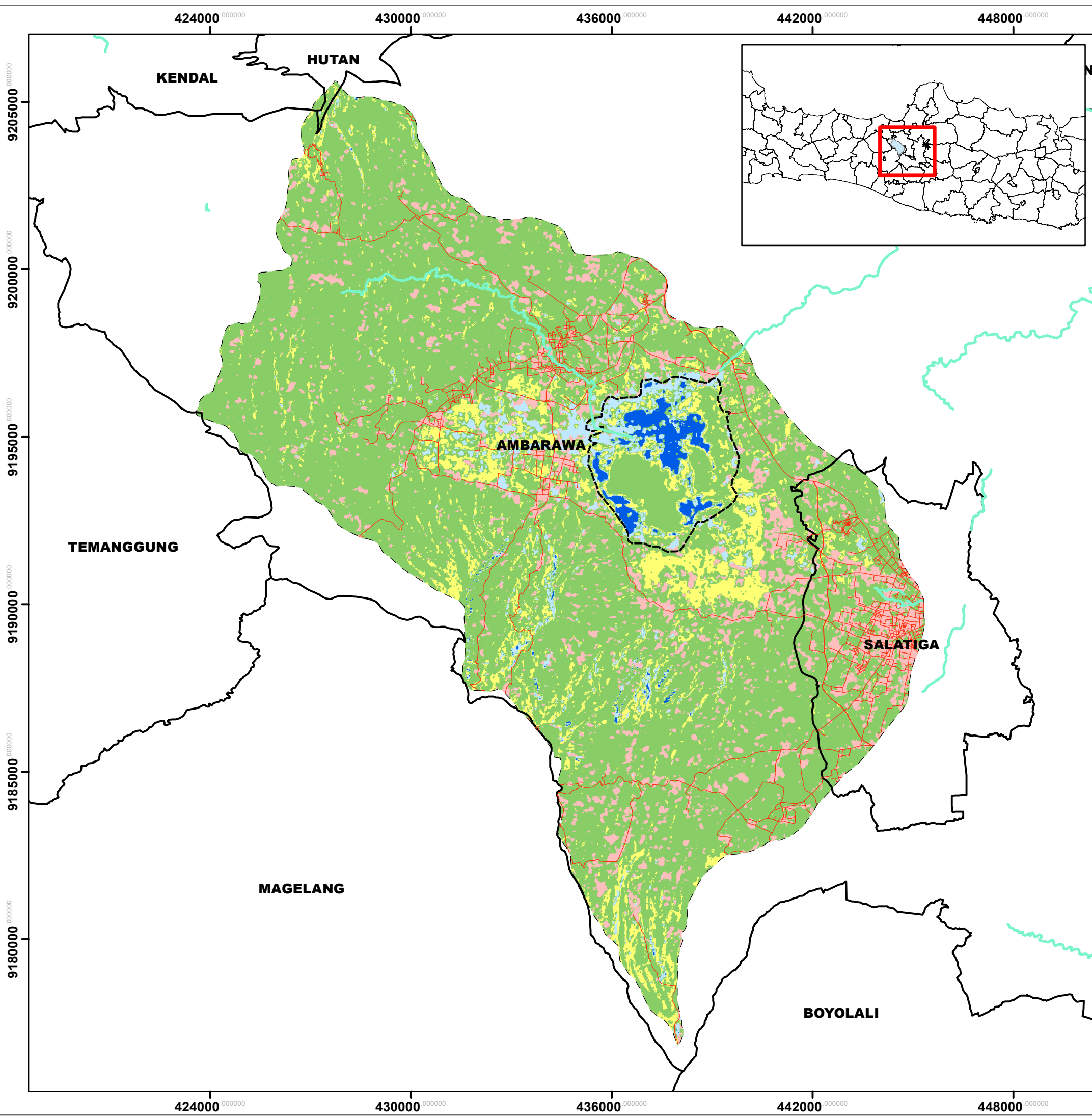
Legenda

- | | |
|-------------|-----------------|
| Sungai | Badan Air |
| Jalan | Pertanian |
| Batas DAS | Lahan Basah |
| Batas Danau | Vegetasi |
| Batas Kota | Lahan Terbangun |

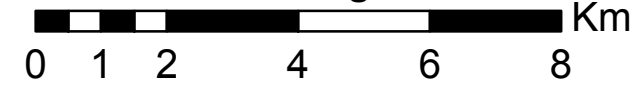
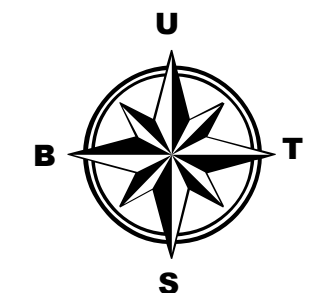
Dibuat Oleh:
Rizky Annisa Putri 3513100041
Dosen Pembimbing:
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.T., Ph.D.
Tanggal Pembuatan:
14 Juli 2017



Departemen Teknik Geomatika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



**PETA TUTUPAN LAHAN SENTINEL 1A
DAS RAWAPENING 16 DESEMBER 2015**



Sistem Proyeksi : UTM
Datum : WGS 84
Zona : 49 S
Sumber :
1. Radar SAR Sentinel 1A
2. Peta RBI Bakorsurtanal 1:25000 Tahun 2000

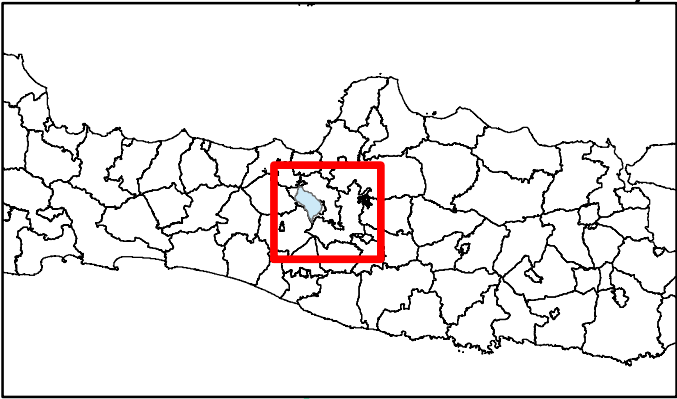
Legenda

- | | |
|-------------|-----------------|
| Sungai | Badan Air |
| Jalan | Pertanian |
| Batas DAS | Lahan Basah |
| Batas Danau | Vegetasi |
| Batas Kota | Lahan Terbangun |

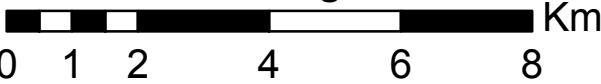
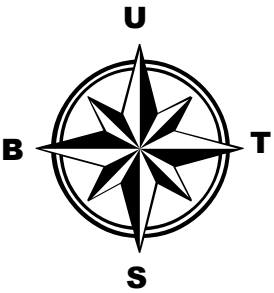
Dibuat Oleh:
Rizky Annisa Putri 3513100041
Dosen Pembimbing:
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.T., Ph.D.
Tanggal Pembuatan:
14 Juli 2017



Departemen Teknik Geomatika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



**PETA TUTUPAN LAHAN SENTINEL 1A
DAS RAWAPENING 8 MEI 2016**



Sistem Proyeksi : UTM
Datum : WGS 84
Zona : 49 S
Sumber :
1. Radar SAR Sentinel 1A
2. Peta RBI Bakorsurtanal 1:25000 Tahun 2000

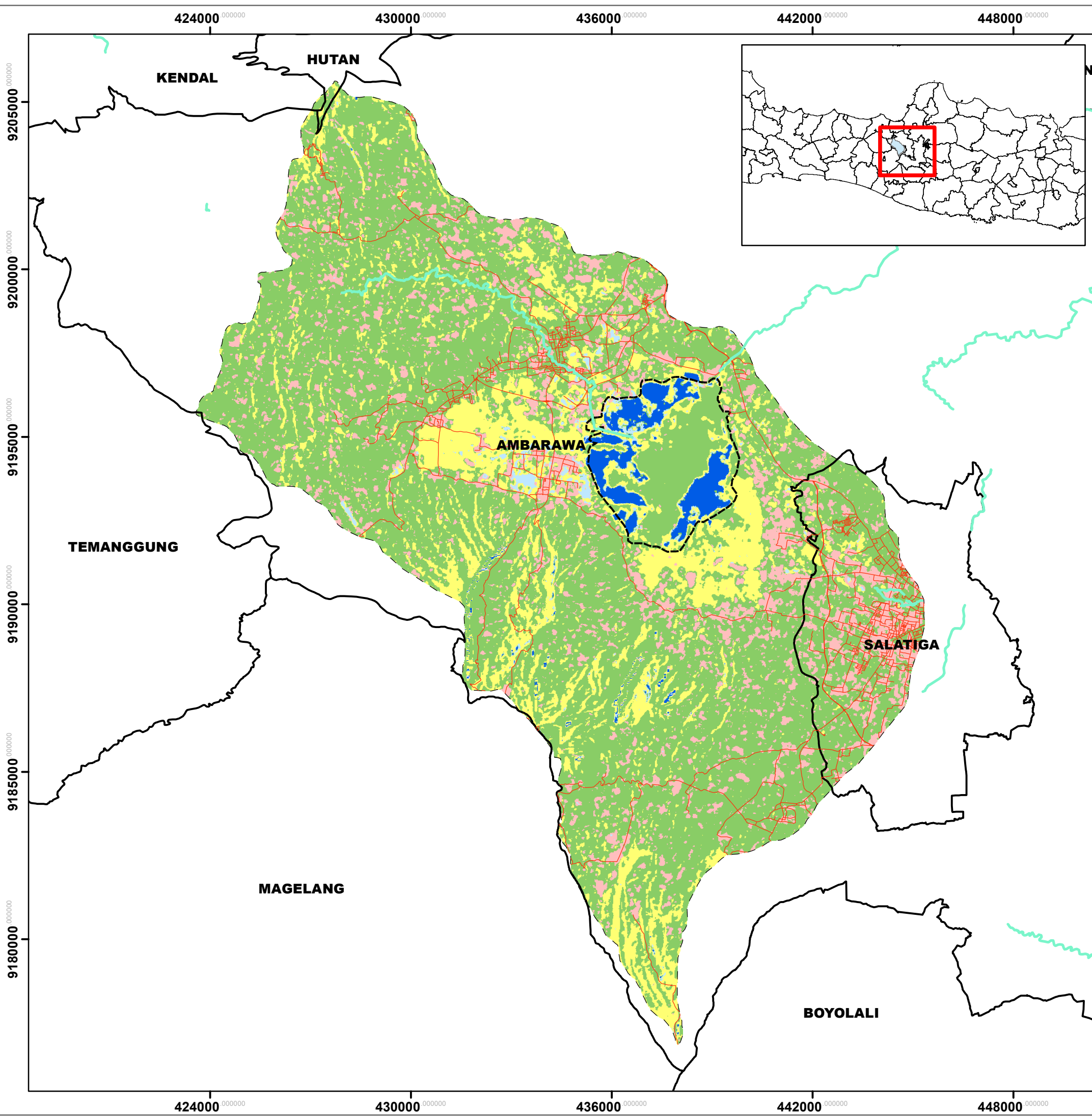
Legenda

- | | |
|-------------|-----------------|
| Sungai | Badan Air |
| Jalan | Pertanian |
| Batas DAS | Lahan Basah |
| Batas Danau | Vegetasi |
| Batas Kota | Lahan Terbangun |

Dibuat Oleh:
Rizky Annisa Putri 3513100041
Dosen Pembimbing:
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.T., Ph.D.
Tanggal Pembuatan:
14 Juli 2017



Departemen Teknik Geomatika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



PETA TUTUPAN LAHAN SENTINEL 1A DAS RAWAPENING 10 DESEMBER 2016

Sistem Proyeksi : UTM
Datum : WGS 84
Zona : 49 S
Sumber :
1. Radar SAR Sentinel 1A
2. Peta RBI Bakorsurtanal 1:25000 Tahun 2000

Legenda

Sungai	Badan Air
Jalan	Pertanian
Batas DAS	Lahan Basah
Batas Danau	Vegetasi
Batas Kota	Lahan Terbangun

Dibuat Oleh:
Rizky Annisa Putri 3513100041
Dosen Pembimbing:
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.T., Ph.D.
Tanggal Pembuatan:
14 Juli 2017

Departemen Teknik Geomatika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

BIOGRAFI PENULIS



Rizky Annisa Putri. Penulis dilahirkan di Madiun, 14 April 1994. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Yuli Harlianto dan Nita Eva Lusiana. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MI Islamiyah 1 Madiun, SMP Negeri 2 Madiun dan SMA Negeri 1 Madiun. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 Departemen Teknik Geomatika FTSP-ITS tahun 2013 melalui program SNMPTN undangan Bidik Misi.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3513 100 041. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi staff Departemen Media dan Informasi HIMAGE-ITS 2014-2015 dan staff Keilmiahan dan Keprofesian HIMAGE-ITS tahun 2015-2016. Selain itu penulis juga aktif mengikuti pelatihan ketrampilan manajemen mahasiswa intra kampus seperti LKMMTD dan PJTD. Dalam penyelesaian syarat Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Geospasial, dengan judul Tugas Akhir “Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Sempadan Danau dengan Sentinel 1A Tahun 2015-2016 (Studi Kasus : Danau Rawapening, Jawa Tengah)

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”